

Основы обогащения полезных ископаемых

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	1
Процессы обогащения	2
Дробление и измельчение	3
Дробление	
Измельчение	
Классификация	4
Грохочение	
Классификация	
Обогащение	5
Промывка	
Гравитационная сепарация	
Флотация	
Магнитная сепарация	
Выщелачивание	
Доводка	6
Седиментация	
Механическое обезвоживание	
Термическая сушка	
Тепловая обработка	
Транспортировка материалов	7
Разгрузка	
Накопление	
Питание	
Конвейерное транспортирование	
Транспортировка пульпы	8
Транспортирование пульпы	
Перемешивание и смешивание	
Эксплуатационный износ	9
Производство и экология	10
Технологические системы	11
Справочные таблицы	12

1. Введение

Основные определения _____	1:1
Полезные минералы _____	1:2
Диаграмма процессов обогащения руды _____	1:3
Обработка полезных ископаемых и их твердость _____	1:4
Вкрапленность и твердость _____	1:4
Разрушающие силы в механике горных пород _____	1:5

2. Процессы обогащения

Технологические этапы _____	2:1
Технологический процесс - сухой или мокрый? _____	2:1
Шахтная и карьерная разработка месторождений _____	2:2
Природные россыпи _____	2:2
Дробление и измельчение _____	2:4
Классификация _____	2:5
Обогащение - Промывка _____	2:5
Обогащение - Сепарация _____	2:6
Доводка _____	2:6
Транспортировка материалов _____	2:7
Эксплуатационный износ _____	2:8
Производство и экология _____	2:9
Хозяйственная деятельность _____	2:9

3. Дробление и измельчение

Процессы дробления и измельчения _____	3:1
Иходное питание _____	3:2
Степень дробления и измельчения _____	3:2
Искусство дробления _____	3:3
Дробление нерудных каменных материалов и гравия _____	3:3
Дробление руд и минералов _____	3:4
Дробление - Расчет степени дробления _____	3:5
Выбор дробилок _____	3:6
Дробилка первой стадии дробления - Выбор типа _____	3:6
Дробилка первой стадии дробления - Выбор размера _____	3:7
Дробилки для второй стадии дробления - Выбор типа _____	3:8
Конусная дробилка - Конструктивное решение _____	3:8
Дробилки для второй стадии дробления - Выбор размера _____	3:9
Заключительная стадия дробления - больше, чем просто дробление _____	3:10
VSI – Дробилка самоизмельчения ударного действия _____	3:10
Дробилки для заключительной стадии дробления - Выбор типоразмера _____	3:11
Мокрое дробление перед измельчением _____	3:12
Измельчение - Введение _____	3:13
Методы измельчения _____	3:13
Мельницы - Степень измельчения _____	3:13
Измельчение - Барабанные мельницы _____	3:14
Измельчение - Перемешивающие мельницы _____	3:16
Измельчение - Вибрационные мельницы _____	3:17
Стоимость измельчения - Типичные затраты _____	3:18
Футеровка мельниц - Основы применения _____	3:18
Мельницы - Выбор типоразмера _____	3:19

Схемы измельчения	3:19
Измельчение - Расчет энергозатрат	3:24
Измельчение - Индекс работы по Бонду	3:24
Тонкое измельчение угля	3:25
VERTIMILL® – больше, чем просто мельница	3:26
VERTIMILL® - Использование для гашения извести	3:27
Измельчение, обогащение и доводка - Сопоставление процессов	3:27

Технические характеристики

Гирационные дробилки первой стадии дробления	3:28
Щековые дробилки – серии С	3:29
Молотковые дробилки – серии NP	3:30
Конусные дробилки – серии GPS	3:31
Конусные дробилки – серии HP	3:32
Конусные дробилки – серии MP	3:33
Конусные дробилки – серии GP	3:34
Молотковые дробилки с вертикальным валом (VSI)	3:35
Мельницы AG и SAG	3:36
Шаровые мельницы	3:37
Конусная шаровая мельница	3:38
Мельница SRR	3:39
Мельница VERTIMILL® (большого диаметра)	3:40
Мельница VERTIMILL® (для гашения извести)	3:41
Мельницы с перемешиванием дробящей среды	3:42
Вибрационные шаровые мельницы	3:43

4. Классификация

Классификация - Введение	4:1
Цель классификации	4:1
Методы классификации	4:1
Грохоты	4:2
Просеивание с сегрегацией	4:2
Просеивание за счет свободного падения	4:2
Типы грохотов	4:3
Производительность грохота	4:3
Выбор просеивающей среды	4:4
Крупность зерен – Число меш или микроны?	4:5
Классификация – Введение	4:6
Мокрая классификация - Основные принципы	4:6
Гидроциклон	4:7
Гидроциклон – Выбор типоразмера	4:8
Спиральный классификатор	4:10
Спиральный классификатор – Выбор типоразмера	4:11
Сухая классификация	4:16
Классификация в схемах дробления и измельчения	4:17

Технические характеристики

Грохот с одним наклонным участком - с круговой вибрацией	4:19
Грохоты с двумя наклонными участками - с линейной вибрацией	4:20
Грохоты с тремя наклонными участками - с линейной вибрацией	4:21

Грохот с мультинаклоном – с линейной вибрацией (дуговой) _____	4:21
Гидроциклон _____	4:22
Спиральные классификаторы Simplex _____	4:23
Спиральные классификаторы Duplex _____	4:24
Система сухой классификации – Delta Sizer _____	4:25

5. Обогащение

Обогащение - Введение _____	5:1
Обогащение - Процессы _____	5:1
Промывка _____	5:1
Обработка промывочной воды _____	5:4
Сепарация - Введение _____	5:5
Гравитационная сепарация _____	5:5
Разделение в воде _____	5:5
Разделение в отсадочных машинах _____	5:6
Разделение при помощи винтовых сепараторов _____	5:8
Разделение посредством концентрационных столов _____	5:9
Обогащение в тяжелых средах _____	5:10
Сепараторы для ТСС _____	5:10
Схема ТСС _____	5:11
ТСС – Области применения _____	5:12
Схемы ТСС – Определение типоразмеров _____	5:12
Сепарация посредством флотации _____	5:13
Схемы флотации _____	5:14
Флотационная система с реакторной камерой (RCS) _____	5:15
Система с реакторной камерой (RCS) – Выбор типоразмера _____	5:16
Система флотационной камеры DR _____	5:19
Система с флотационной колонной _____	5:20
Флотационная колонна - Характеристики _____	5:21
Магнитная сепарация - Введение _____	5:22
Магнитная сепарация - Типы сепараторов _____	5:23
Мокрые сепараторы LIMS - с прямоточной ванной (CC) _____	5:24
Мокрые сепараторы LIMS - с полупротивоточной ванной (CTC) _____	5:24
Мокрые сепараторы LIMS - с противоточной ванной (CR) _____	5:25
Мокрые сепараторы LIMS - для извлечения утяжелителя (DM) _____	5:25
Мокрые сепараторы LIMS – Производительность _____	5:26
Мокрые сепараторы LIMS – Выбор типоразмера _____	5:27
Мокрые сепараторы LIMS – Схема процесса (типичная) _____	5:27
Сухие сепараторы LIMS – Барабанный сепаратор (DS) _____	5:28
Сухие сепараторы LIMS – Ленточный сепаратор (BSA) _____	5:28
Сухие сепараторы LIMS - Ленточный сепаратор (BSS) _____	5:29
Сухие сепараторы LIMS – Производительность _____	5:30
Сухие сепараторы LIMS - Схема процесса (типичная) _____	5:30
Мокрые сепараторы HGMS – Устройство матрицы _____	5:31
Мокрые сепараторы HGMS – Типы сепараторов _____	5:31
Мокрые сепараторы HGMS циклического действия _____	5:32
Мокрые сепараторы HGMS циклического действия – Типоразмеры и обозначения _____	5:32
Мокрые сепараторы HGMS циклического действия – Схема системы _____	5:32
Мокрые сепараторы HGMS циклического действия – Принцип работы _____	5:33
Мокрые сепараторы HGMS циклического действия – Область применения _____	5:33

Мокрые сепараторы HGMS циклич. действия – Рекомендации по использованию	5:34
Мокрые сепараторы HGMS циклического действия – Выбор типоразмера	5:34
Мокрые сепараторы HGMS карусельного типа	5:35
Мокрые сепараторы HGMS карусельного типа - Типоразмеры и обозначения	5:35
Мокрые сепараторы HGMS карусельного типа - Схема системы	5:36
Мокрые сепараторы HGMS карусельного типа - Работа	5:36
Мокрые сепараторы HGMS карусельного типа - Область применения	5:37
Мокрые сепараторы HGMS карусельного типа - Рекомендации по использованию	5:37
Мокрые сепараторы HGMS карусельного типа - Выбор типоразмера	5:38
Магнитные фильтры с высоким градиентом магнитного поля - HGMF	5:39
Магнитные фильтры HGMF - Типоразмеры и обозначение	5:39
Магнитные фильтры HGMF - Область применения	5:39
Магнитные фильтры HGMF - Рекомендации по использованию	5:40
Магнитные фильтры HGMF - Выбор типоразмера	5:40
Разделение посредством выщелачивания	5:41
Выщелачиватели	5:41
Выщелачивание металлов	5:42
Выщелачивание золота	5:43
Выщелачивание золота - Метод абсорбции активированным углем	5:43
Выщелачивание золота – Метод CIP	5:44

Технические характеристики

Корытная мойка - односпиральная	5:45
Корытная мойка - двухспиральная	5:46
Сепаратор Aquamator	5:47
Сепаратор Hydrobelt	5:48
Барабанный скруббер – LD	5:49
Барабанный сепаратор TCC	5:50
Колесный сепаратор TCC – Drewbooy	5:51
Сепаратор TCC – DynaWhirlpool	5:52
Флотационная машина - RCS	5:53
Флотационная машина - DR	5:54
Мокрый сепаратор LIMS - с прямоточной ванной (CC)	5:55
Мокрый сепаратор LIMS – с противоточной ванной (CR) (CRHG)	5:56
Мокрый сепаратор LIMS - с полупротивоточной ванной (CTC)	5:57
Мокрый сепаратор LIMS - с противоточной ванной (CR)	5:58
Мокрый сепаратор LIMS - для извлечения утяжелителя (DM)	5:59
Мокрый сепаратор LIMS - для извлечения утяжелителя (DMHG)	5:60
Сухой сепаратор LIMS – Барабанный - (DS)	5:61
Сухой сепаратор LIMS – Ленточный (BSA и BSS)	5:62
Мокрый сепаратор HGMS циклического действия	5:63
Мокрый сепаратор HGMS карусельного типа	5:64
Магнитный фильтр с высоким градиентом магнитного поля – HGMF	5:65

6. Доводка

Доводка – Введение	6:1
Методы доводки	6:1
Эксплуатационные затраты при доводке	6:1
Седиментация	6:2
Флокуляция	6:2
Стандартный осветлитель	6:3

Стандартные осветлители – Выбор типоразмера _____	6:3
Стандартный сгуститель _____	6:4
Стандартные сгустители – Выбор типоразмера _____	6:4
Стандартные осветлители/сгустители – Конструкция _____	6:5
Стандартные осветлители/сгустители – Система привода _____	6:6
Привод стандартного осветлителя/сгустителя – Выбор типоразмера _____	6:7
Стандартные осветлители/сгустители – Площадь _____	6:9
Стандартные осветлители/сгустители – Глубина чана _____	6:9
Стандартные осветлители/сгустители – Уклон днища чана _____	6:9
Седиментация на наклонных пластинах – Введение _____	6:10
Пластинчатый сгуститель _____	6:12
Пластинчатый сгуститель – Приводы _____	6:13
Пластинчатые сгустители - Номенклатура изделий _____	6:14
Механическое обезвоживание – Введение _____	6:17
Механическое обезвоживание – Методы и оборудование _____	6:17
Гравитационное обезвоживание _____	6:18
Спиральный обезвоживатель _____	6:18
Песковый шнек _____	6:19
Обезвоживающий грохот _____	6:19
Обезвоживающее черпальное колесо _____	6:19
Механическое обезвоживание под давлением - Введение _____	6:20
Барабанные вакуум-фильтры _____	6:20
Барабанные вакуум-фильтры – Эффективная площадь _____	6:21
Барабанные вакуум-фильтры – Скорость фильтрации _____	6:22
Вакуум-фильтры – Выбор типоразмера _____	6:24
Вакуум-фильтры – Требования к разрежению _____	6:24
Вакуумный насос – Выбор типоразмера _____	6:25
Вакуумная камера и насос фильтрата - Выбор типоразмера _____	6:26
Вакуумная установка - Устройство _____	6:27
Рамный пресс-фильтр – Введение _____	6:28
Рамный пресс-фильтр – Конструкция _____	6:29
Пресс-фильтр VPA – Принцип действия _____	6:29
Пресс-фильтр VPA – Размеры _____	6:31
Пресс-фильтр VPA – Характеристики камер _____	6:31
Пресс-фильтр VPA – Обозначение _____	6:31
Пресс-фильтр VPA – Выбор типоразмера _____	6:32
Пресс-фильтр VPA – Содержание влаги в кеке _____	6:33
Пресс-фильтр VPA – Выбор компрессора _____	6:33
Пресс-фильтр VPA – Мощность компрессора _____	6:34
Пресс-фильтр VPA – Выбор насоса питания _____	6:34
Пресс-фильтр VPA – Мощность насоса питания _____	6:34
Пресс-фильтр VPA – Производственная обезвоживающая установка _____	6:34
Трубчатый пресс – Введение _____	6:35
Трубчатый пресс – Конструкция _____	6:36
Трубчатый пресс – Работа _____	6:37
Трубчатый пресс – Области применения _____	6:39
Трубчатый пресс – Материалы, используемые в конструкции _____	6:40
Трубчатый пресс – Типоразмеры _____	6:40
Трубчатый пресс – Выбор типоразмера _____	6:40
Трубчатый пресс – Время цикла и влажность кека _____	6:41

Трубчатый пресс – Производительность	6:41
Трубчатый пресс – Производственная обезвоживающая установка	6:42
Система гидроусилителя Booster	6:44
Тепловая обработка - Введение	6:45
Барабанная сушилка прямого нагрева (Каскадного типа)	6:46
Барабанная сушилка непрямого нагрева (Обжиговая печь)	6:46
Сушилка кипящего слоя	6:47
Шнековая сушилка непрямого нагрева (Holo-Flite®)	6:49
Holo-Flite – Технологическая система	6:49
Некоторые сведения об охлаждении материалов	6:50
Среднетемпературные и высокотемпературные системы тепловой обработки	6:52
Система обжига извести	6:53
Система обжига кокса	6:53

Технические характеристики

Осветлитель/сгуститель (мостового типа)	6:54
Осветлитель/сгуститель (с центральной колонной)	6:55
Пластинчатый сгуститель – (LT)	6:56
Пластинчатый сгуститель – (LTS)	6:57
Пластинчатый сгуститель – (LTK)	6:58
Пластинчатый сгуститель – (LTE)	6:59
Пластинчатый сгуститель – (LTE/C)	6:60
Спиральный обезвоживатель	6:61
Песковый шнек	6:62
Обезвоживающий грохот	6:63
Обезвоживающее черпальное колесо	6:64
Барабанный вакуум-фильтр - TF	6:65
Барабанный вакуум-фильтр с отводом фильтрующей ленты - BTF	6:66
Барабанный вакуум-фильтр с питанием сверху -TFF	6:67
Пресс-фильтр (VPA 10)	6:68
Пресс-фильтр (VPA 15).	6:69
Пресс-фильтр (VPA 20)	6:70
Трубчатый пресс	6:71
Барабанная сушилка прямого нагрева	6:72
Шнековая сушилка непрямого нагрева (Holo-Flite®)	6:73

7. Транспортировка материалов

Введение	7:1
Погрузка и разгрузка	7:1
Вагоноопрокидыватели	7:1
Системы надвига вагонов	7:2
Разгрузочные машины	7:3
Буферное накопление материалов	7:5
Стакер-реклаймер (укладчик-заборщик)	7:6
Скребок-реклаймер	7:6
Барабанный реклаймер	7:7
Питание	7:8
Конвейерный транспорт	7:9
Конвейерные системы	7:10
Производительность конвейеров	7:12

Объемный вес и угол наклона _____	7:12
Конвейер – это не только резиновая лента _____	7:13
Технические характеристики	
Питатели - Пластинчатые _____	7:14
Питатели– Вибрационные (с линейной вибрацией) _____	7:15
Питатели– С несбалансированным двигателем _____	7:16
Питатель - Ленточный _____	7:17
Питатель - Электромагнитный _____	7:18
Питатель - Эксцентриковый _____	7:19
Конвейер – Стандартный ленточный _____	7:20
Вертикальные конвейерные системы _____	7:21

8. Транспортировка пульпы

Транспортировка пульпы - Введение _____	8:1
Основные определения _____	8:3
Шламовые насосы – серии XM _____	8:5
Шламовые насосы – серии XR и VASA HD _____	8:6
Рефулёрные насосы – серии Thomas _____	8:7
Шламовые насосы – серии HR и HM _____	8:8
Шламовые насосы – серии MR и MM _____	8:9
Шламовые насосы – серии VS _____	8:10
Шламовые насосы – серии VSHM и VSMM _____	8:11
Шламовые насосы – серии VT _____	8:12
Шламовые насосы – серии VF _____	8:13
Руководство по применению шламовых насосов _____	8:14
Выбор насоса по свойствам твердой фракции _____	8:15
Выбор насоса по напору и объемной подаче _____	8:15
Выбор насоса по типу пульпы _____	8:16

Выбор насоса по области промышленного применения

Минералы _____	8:17
Строительные материалы _____	8:18
Уголь _____	8:19
Отходы и утилизация _____	8:19
Энергетические станции и десульфуризация дымовых газов (FGD) _____	8:19
Пульпа и производство бумаги _____	8:20
Металлургия _____	8:20
Химические вещества _____	8:21
Разработка месторождений _____	8:21
Перемешивание пульпы - Введение _____	8:22
Перемешивание - Типичные конфигурации _____	8:23
Перемешиватель - Выбор чана _____	8:24
Перемешивание – Выбор импеллера _____	8:25
Перемешивание - Оттирочный скруббер _____	8:27
Оттирочные скрубберы – Выбор типоразмера _____	8:28
Пульпопроводы _____	8:29
Транспортирование пульпы – Шланги _____	8:29
Технические характеристики	
Шламовые насосы - XM _____	8:32
Шламовые насосы - XR _____	8:32

Шламовые насосы - VASA HD и Рефулёрные насосы	8:33
Шламовые насосы - HM и HR	8:34
Шламовые насосы - MM и MR	8:35
Шламовые насосы - VS	8:36
Шламовые насосы - VSHM / VSMM / VSHR	8:37
Шламовые насосы - VT	8:38
Шламовые насосы - VF	8:39
Перемешиватель (смеситель пульпы)	8:40
Кондиционирующий перемешиватель	8:41
Оттирочный скруббер	8:42
Рукав Trellex® для транспортировки материала	8:43
Колено Trellex® 3xD Bend	8:43
Муфты Trellex®	8:44
Переходники, Прокладки и Тройники Trellex®	8:45

9. Эксплуатационный износ

Введение	9:1
Эксплуатационный износ - Причины	9:1
Износ, вызываемый сжатием	9:2
Износ, вызываемый соударением (с большой скоростью)	9:2
Износ, вызываемый соударением (с малой скоростью)	9:3
Износ при скольжении	9:3
Защита от износа – изнашиваемые элементы	9:4
Изнашиваемые элементы – Применение	9:4
Тяжелые ударные воздействия – Выбор защиты	9:5
Ударные воздействия со скольжением – Выбор защиты (модульной)	9:5
Ударные воздействия со скольжением – Выбор защиты (листовой)	9:6
Скольжение с накоплением материала – Выбор защиты	9:6
Защита от износа – Изнашиваемые детали	9:7
Изнашиваемые детали в шламовых насосах	9:10
Немного о керамической футеровке	9:11
Износ в пульпопроводах	9:12

10. Производство и экология

Производство и экология - Введение	10:1
Пыль	10:1
Борьба с пылью - Основы	10:2
Шум	10:4
Снижение шума	10:5
Защита слуха	10:7

11. Технологические системы

Введение	11:1
Системные модули – Каменный наполнитель	11:2
Системные модули – Песок и гравий	11:2
Системные модули – Руда и минералы	11:3
Технологическая система – Получение балласта для железнодорожного полотна	11:4
Технологическая система – Получение балласта для асфальта/бетона	11:4
Технологическая система – Обогащение железной руды	11:5
Технологическая система – Обогащение руд цветных металлов	11:5

Технологическая система – Обогащение золотосодержащей руды _____	11:6
Технологическая система – Обогащение углей _____	11:6
Технологическая система – Получение минер. наполнит. для промышленности _____	11:7
Технологическая система – Получение песка для производства стекла _____	11:7
Технологическая система – Извлечение алмазов (Кимберлит) _____	11:8
Технологическая система – Обогащение каолина _____	11:8
Передвижные системы _____	11:9
Щековая дробилка первой стадии дробления + Колосниковый грохот _____	11:10
Молотковая дробилка первой стадии дробл. + Колосниковый грохот _____	11:10
Предприятие на колесах – Агрегированная рудообогатительная фабрика _____	11:11

12. Справочные таблицы

Коэффициенты перевода единиц измерения _____	12:1
Стандартная шкала Тайлера _____	12:2
Плотность твердых веществ _____	12:3
Таблицы плотности пульпы (вода и твердая фаза) (в метрич. и англ. единицах) _____	12:5

Metso Minerals

Компании, действующие на рынке оборудования для обогащения полезных ископаемых и переработки каменных нерудных материалов

Allis Chalmers (AC)	McNally Wellman
Allis Minerals System	Neims
Altairac	NICO
Armstrong Holland	Nokia
Barmac	Nolan
Bergeaud	Nordberg
Boliden Allis	MPSI
Cable Belt	Orion
Conrad Scholtz	PECO
Denver	Pyrotherm
Dominion	Read
FASO	REDLER
GFA	Sala
Hardinge	Scamp
Hewitt Robins	Skega
Kennedy Van Saun KVS	Stansteel
Kue-ken Seco	Stephens – Adamson
Koppers	Strachan & Henshaw
Lennings	Svedala
Lokomo	Thomas
Marcy	Tidco
Masterscreens	Trellex
McDowell Wellman	Tyler

«Практика переработки полезных ископаемых имеет такую же долгую историю, как и сама человеческая цивилизация. Минералы и продукты, полученные из минералов, формировали культуру добычи полезных ископаемых, начиная от кремня Каменного века и кончая урановой рудой века Атомного».

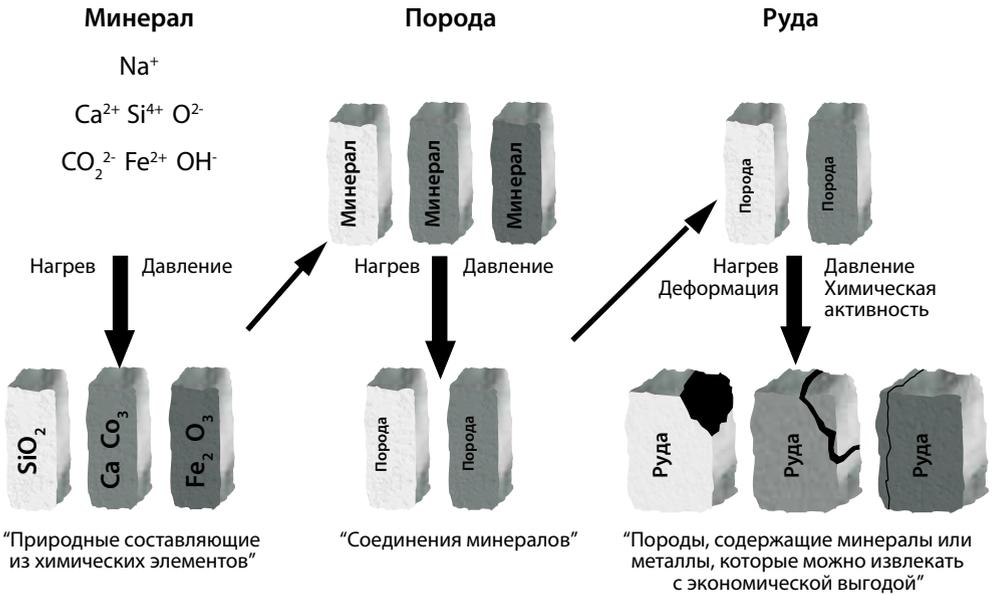
Цель данного справочника по оборудованию для обогащения полезных ископаемых не в том, чтобы дать полное освещение вышеупомянутого предмета.

Задача в том, чтобы дать техническим специалистам, занятым обогащением руд, практическую и полезную информацию о применяемом технологическом оборудовании, системах и производственной экологии.

Приведенные технические характеристики являются лишь базовыми, но они помогут лучше понять отдельные устройства, их работу и характеристики.

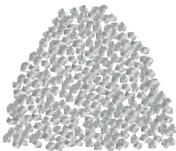
Основные определения

Важно знать определение таких терминов как *минерал*, *порода* и *руда*, ибо они представляют продукты различной ценности и частично разные технологические системы.

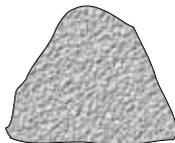


Искусственные минералы

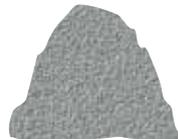
Искусственные минералы по определению минералами не являются. Но, с точки зрения технологии они подобны естественным минералам и обрабатываются соответственным образом (в основном, при вторичной переработке).



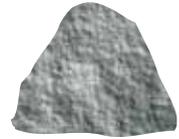
Шлак



Бетон



Вторичная окалина



Стекло и керамика

Полезные минералы

Введение

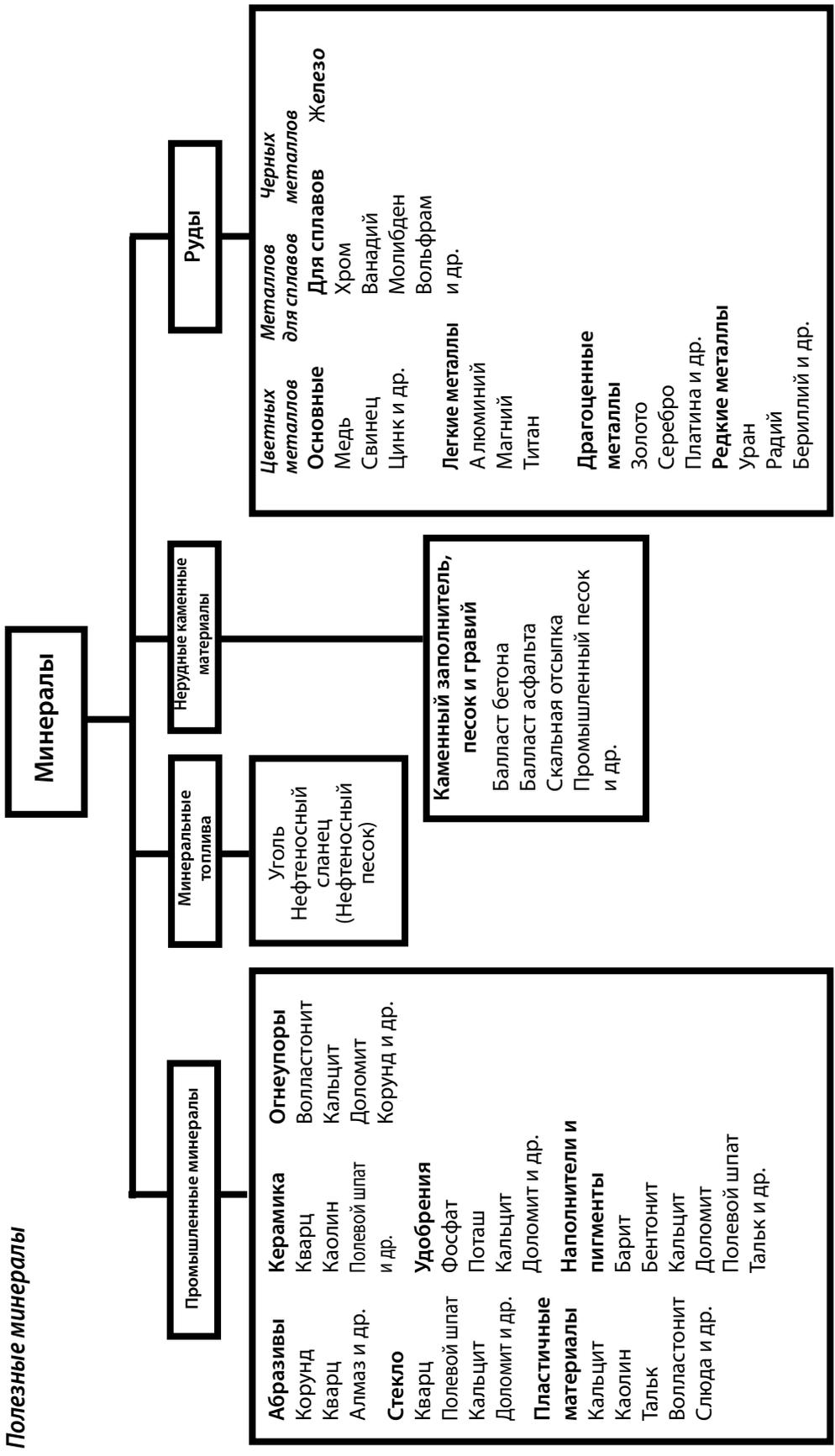
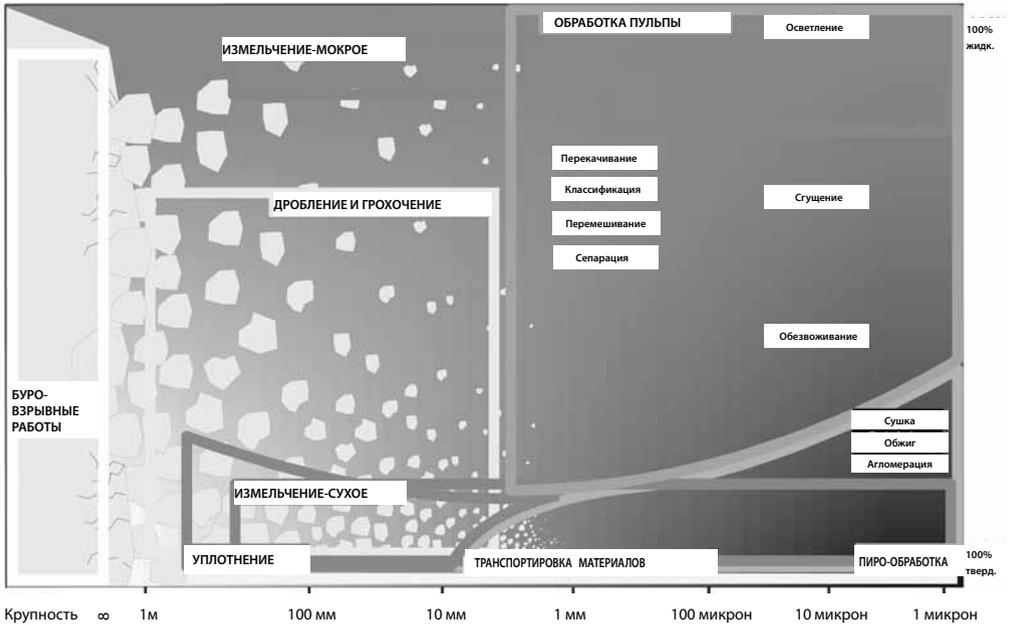


Диаграмма процессов обогащения руд

Целью обогащения руды является получение продукта максимального качества из данного сырьевого материала. Цель может состоять в получении дробленого продукта определенной крупности или в максимальном извлечении металла из руды сложного состава.

Технологии, применяемые для достижения этих целей, классические, взаимодополняющие и вполне определенные.

Ниже они представлены в виде диаграммы процессов, и классифицированы по охвату крупности продукта и в соответствии с видом технологической среды (сухой или мокрый процесс).



Буро-взрывные работы представляют собой технологию первичного разрушения минералов на месте их залегания. Это начальный этап большинства процессов обогащения руды, за исключением обработки природных минералов в форме песка или гравия.

Дробление и грохочение это первая управляемая стадия уменьшения крупности материала в процессе его переработки. Это основной процесс при производстве строительных материалов и подготовительный процесс для дальнейшего уменьшения крупности.

Измельчение это стадия уменьшения крупности (мокрого или сухого), при которой для индивидуальных минералов может быть достигнута крупность, достаточная для их раскрытия. Путем дальнейшего снижения крупности получают наполнитель (минеральный порошок).

Обработка пульпы включает в себя технологические методы мокрой обработки минеральных фракций.

Пиро-обработка включает технологии доводки минерального концентрата путем сушки, обжига и агломерации.

Транспортировка материалов включает в себя технологии поступательного движения материалов (сухих) путем их погрузки, транспортирования, хранения (складирования) и подачи питания.

Уплотнение минералов включает в себя технологию их перемещения и увеличения плотности посредством вибрации, удара и давления, что в основном используется в строительстве.

Введение

Обработка полезных ископаемых и их твердость

Все минералы, породы и руды обладают различной твердостью в зависимости от химического состава и геологического происхождения.

Классификация минералов по шкале Мооса:

1. Тальк	Крошится ногтем	Графит, сера, слюда, золото
2. Гипс	Царапается ногтем	Доломит
3. Кальцит	Царапается гвоздем	Магнетит
4. Флюорит	Легко царапается ножом	Магнетит
5. Апатит	Царапается ножом	Гранит, пирит
6. Полевой шпат	Едва царапается ножом	Базальт
7. Кварц	Царапает стекло	Берилл
8. Топаз	Царапает кварц	
9. Корунд	Царапается алмазом	
10. Алмаз	Невозможно поцарапать	

В 1813 году, австрийский геолог Моос классифицировал минералы по их индивидуальной твердости..

Для работы, естественно, требуется более подробная информация о материалах питания. См. данные по индексу работы и индексу абразивности в разделе 3 на стр. 2.

Вкрапленность и твердость

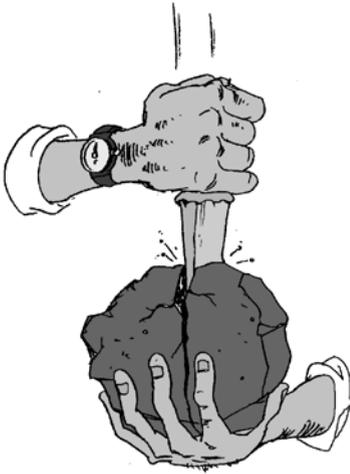
Все операции протекают в разных технологических средах, определяемых твердостью минералов и их вкрапленностью. Важно знать, в каком «диапазоне» происходит работа, так как это будет оказывать влияние на множество параметров процесса (скорость износа, время эффективной работы, технологические издержки и т.п.). Вкрапленность и твердость, если их рассматривать совместно, дают интересную информацию.



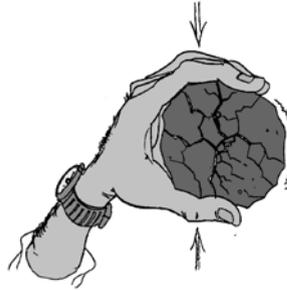
Разрушающие силы в механике горных пород

Помимо крупности и твердости материала, фундаментальными факторами, с которыми имеют дело в большинстве процессов рудообогатения, являются классические разрушающие силы механики горных пород. Ими руководствуются при проектировании оборудования, при планировании расположения систем, при защите от износа, и т.д. Эти силы всегда присутствуют и всегда требуют учета.

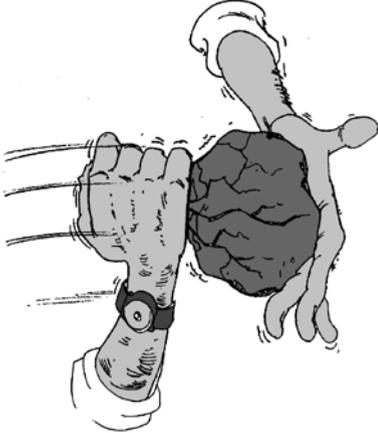
Раскалывание



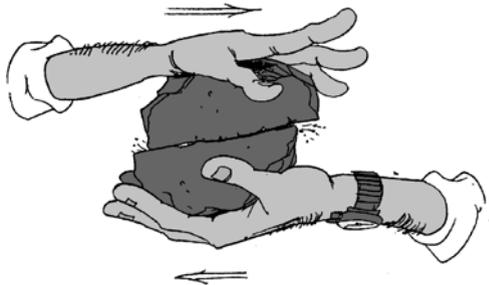
Раздавливание



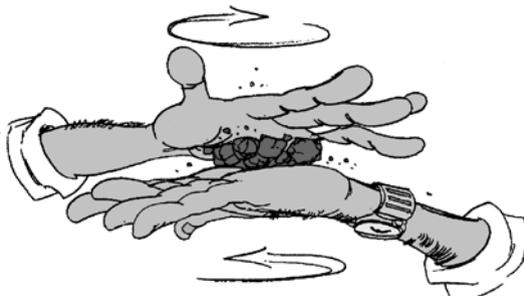
Удар



Сдвиг



Истирание



Технологические этапы

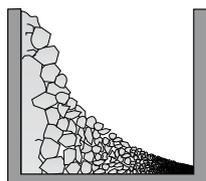
Технологические этапы при обогащении полезных ископаемых остаются неизменными в течение тысяч лет. Конечно, с тех пор мы ушли далеко вперед в развитии оборудования и процессов, но твердые, абразивные и неоднородные кристаллы минералов требуют особых способов обработки, чтобы из каждого класса (по крупности) извлечь максимум ценной компоненты.

Нижеприведенная схема работы используется с античных времен.



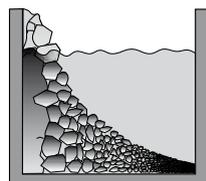
Добыча:	Начальный этап обработки полезных ископаемых
Измельчение и классификация:	Процессы, направленные на получение требуемого распределения материала питания по крупности.
Обогащение:	Процессы, направленные на увеличение содержания ценного компонента минералов посредством промывки и /или сепарации.
Доводка:	Процессы для получения требуемого конечного продукта из полезных минералов и пустой породы.
Транспортировка материалов:	Операции продвижения процессов вперед с минимальными помехами потокам материалов.
Защита:	Меры по защите технологического оборудования от износа и воздействия пыли и шума.

Технологический процесс - сухой или мокрый?



Сухой процесс, это

- Когда для обработки вообще не требуется вода
- Когда присутствие воды в процессе не допускается



Мокрый процесс, это

- во всех других случаях, из-за:
- Лучшей эффективности
- Большой компактности
- Отсутствия пыли

Внимание! При мокрой технологии скорость износа обычно выше!

Процессы обогащения

Шахтная и карьерная разработка месторождений

Шахтная и карьерная разработка месторождения это начальный этап извлечения полезных минералов или каменного материала из подземных или поверхностных залежей.

При разработке месторождений применяются буровзрывные операции, первичное дробление (необязательное) и операции транспортирования материалов в сухом и мокром виде.

Шахтная и карьерная добыча



Открытый карьер



Подземная разработка

Природные россыпи

В ледниковых, аллювиальных и морских россыпях природа уже проделала большую часть работы по первичному уменьшению крупности материала.

Такие сырьевые материалы как гравий, песок и глина важны для производства строительного балласта, металлов и промышленных минеральных наполнителей. При разработке россыпей применяются операции перемещения материалов (в мокром и сухом виде) и операции дробления (необязательные).



Ледниковые россыпи

Ледниковый песок и гравий встречаются в районах, которые покрыты или были покрыты льдом. Материал окатан и совершенно не сортирован, и имеет неоднородное распределение по крупности, от валунов крупностью более 1 м (3 футов) до ила (2-20 микрон). Глинистые загрязнения сосредоточены в виде вполне определенных слоев.



Аллювиальные россыпи

Крупность аллювиального песка, помимо прочих факторов, зависит от скорости течения воды. Обычно, максимальная крупность составляет около 100 мм (4 дюйма). Аллювиальные пески и гравий имеют однородный гранулометрический состав, причем более крупные частицы имеют высокое содержание кремния. Содержание глины обычно высокое, в пределах 5-15%. Аллювиальные россыпи в определенных районах содержат золото, олово и драгоценные камни.



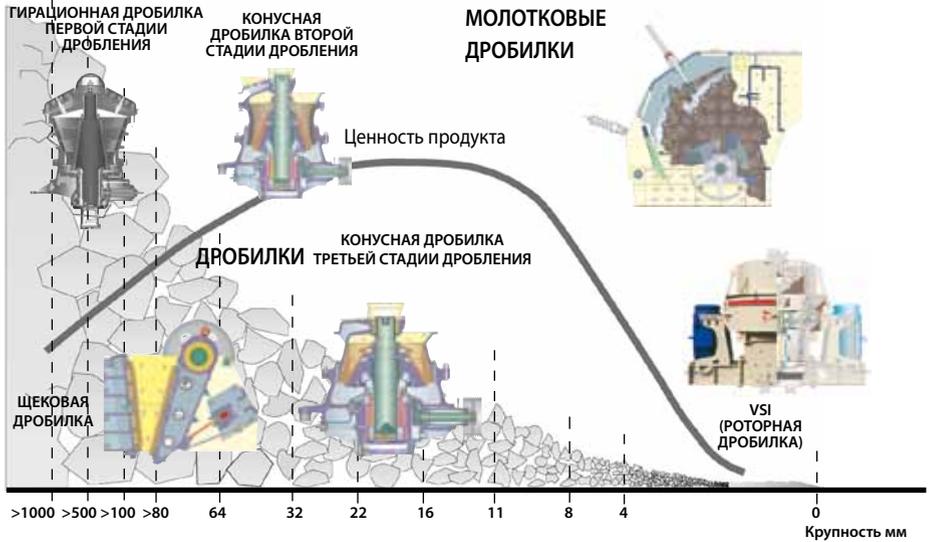
Морские россыпи

Морские песок и гравий часто имеют более ограниченный гранулометрический состав, нежели другие типы песка и гравия. Минералы в морском песке и гравии в течение тысяч и даже миллионов лет подвергались естественному истиранию, начиная от выветривания в горных грядках и измельчения при перемещении вниз, к морю. Частицы приобрели окатанную форму, и имеют очень низкое содержание глины. В определенных районах морские россыпи содержат тяжелые минералы, такие как гематит, магнетит, рутил и др.

Дробление и измельчение

Дробление нерудных каменных материалов

По объему перерабатываемого материала это наиболее крупная операция при переработке полезных ископаемых. Цель - получить каменный материал или (что более редко) фракции минералов для использования их в качестве каменного наполнителя или балластного материала для производства бетона и асфальтобетона. Показателями качества обычно являются крепость, крупность и форма. Приведенные ниже классы крупности, могут быть получены только дроблением, см. раздел 3, при этом их ценность устанавливается в соответствии с определенными интервалами крупности.

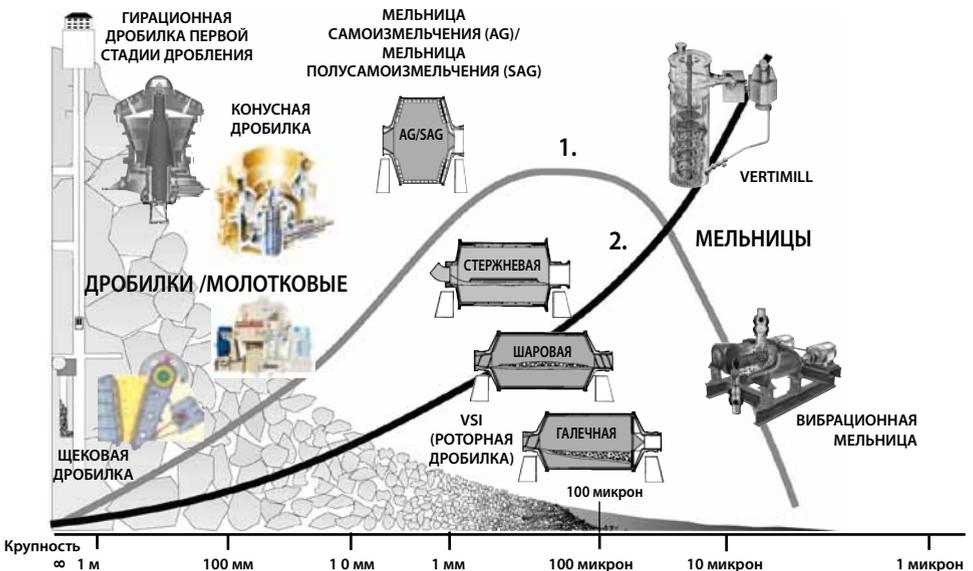


Дробление и измельчение руд

Уменьшение крупности материала руды обычно производят с целью высвобождения ценных минералов из вмещающей породы. Это означает, что необходимо достичь крупности раскрытия минерала, обычно в интервале 100 - 10 микрон, см. кривую 1.

Если сырьевой материал является мономинералом (кальцит, полевой шпат и др.), то ценная компонента обычно получается при производстве очень тонкого порошка (наполнителя), см. кривую 2.

Чтобы увеличить выход ценной компоненты при уменьшении крупности горных пород и минералов, см. ниже, необходимо проводить дробление и измельчение в различных сочетаниях, см. раздел 3.

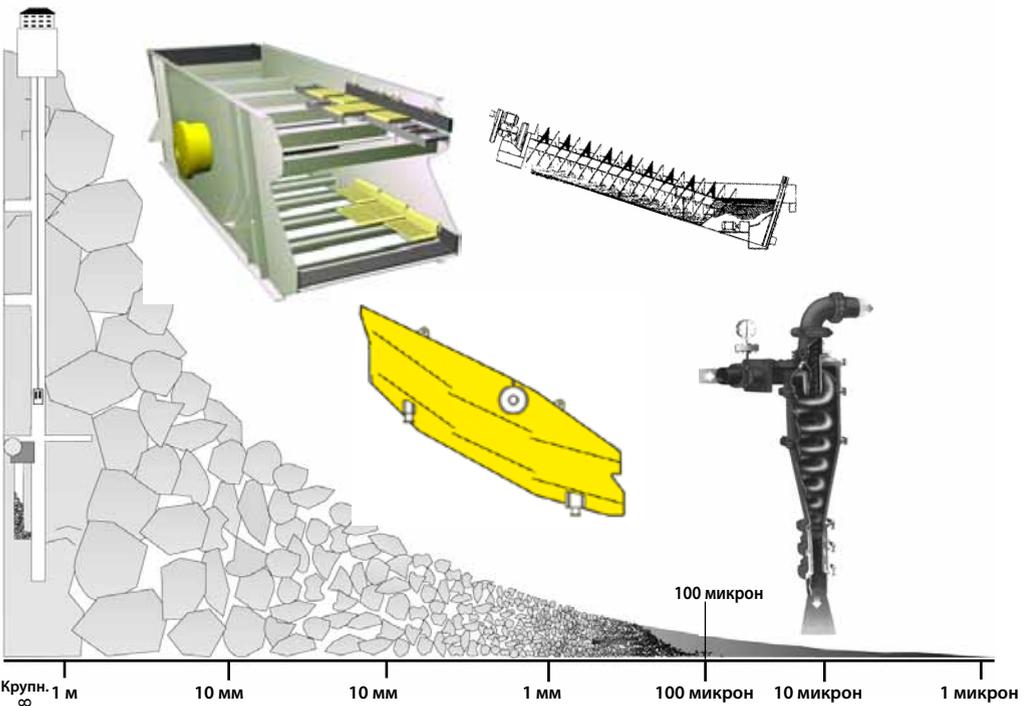


Классификация

Ни дробилки, ни мельницы измельчения не являются достаточно точными устройствами, если речь идет о правильной классификации конечного продукта. Причина этого заключается частично в непостоянстве соединений минеральных кристаллов (твердый-мягкий, абразивный-неабразивный), частично в конструкции и характеристиках оборудования.

Классификация это инструмент для оптимизации классов крупности на отдельных стадиях переработки и в конечном продукте.

На стадиях работы с крупными фракциями используются грохоты (обычно при крупности выше 1-2 мм). На стадиях работы с более мелкими фракциями применяется классификация посредством спиральных классификаторов и/или гидроциклонов, см. раздел 4.



Обогащение - промывка

Промывка представляет собой простейший метод обогащения, используемый для улучшения качества каменного материала и фракций минералов при крупности, соответствующей песку, и выше. Удаление поверхностных примесей, таких как глина, пыль, органические вещества или соли, часто является необходимым условием получения продукта, пригодного для продажи.

Для этого применяются различные технологии, в зависимости от того, насколько прочно эти примеси прикреплены к поверхности породы или минерала, см. раздел 5.

Промывка с применением

Мокрого грохочения



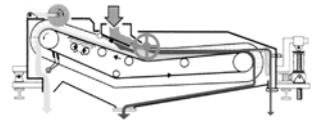
Скрубберов



Оттирочных камер



Постелей гравитационного разделения

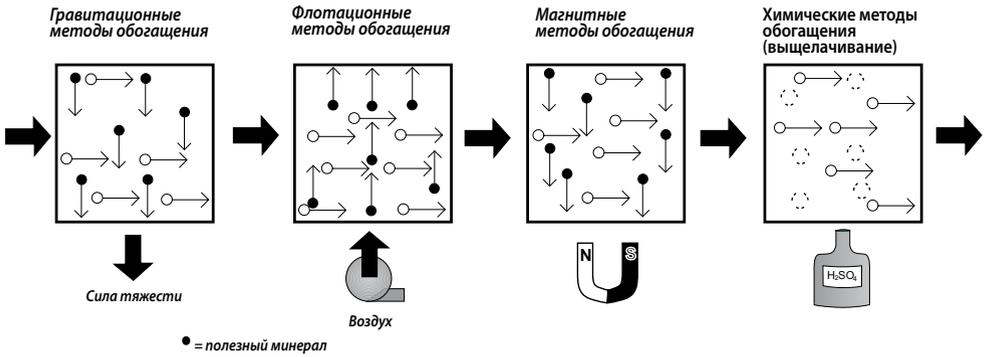


Процессы обогащения

Обогащение - сепарация

Ценность большинства полезных минералов (как металлов, так и промышленных) зависит от их чистоты. После раскрытия посредством измельчения, и после классификации все минералы свободны для их отделения друг от друга.

В зависимости от свойств индивидуальных минералов, их можно извлекать различными методами сепарации, см. раздел 5.



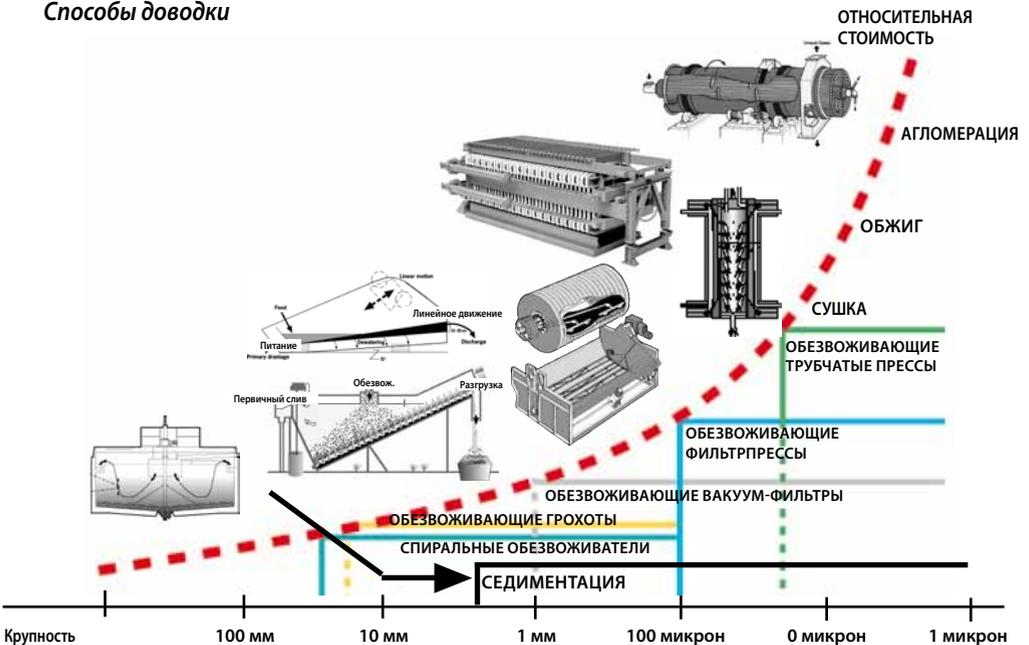
Доводка

После обогащения получается полезный продукт (концентрат) и пустой материал (хвосты).

Может оказаться, что эти продукты не пригодны ни для продажи, ни для вывода в отходы из-за содержащейся в них технологической воды, размера частиц или химического состава.

По доводкой понимаются методы увеличения ценности этих продуктов посредством осаждения, механического обезвоживания, сушки, обжига или агломерации и извлечения технологической воды из хвостов, что позволяет выводить их в отходы, см. раздел 6.

Способы доводки



Транспортировка материалов

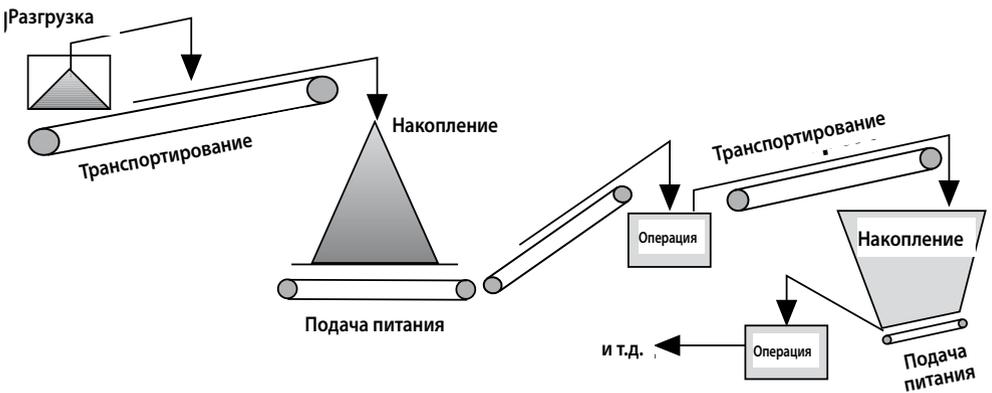
Без правильной организации транспортирования материалов ни одна обогатительная система не будет работать. Различные стадии процесса могут протекать в разных местах, у них могут быть разные условия питания, они могут проходить в разные циклы смен, и т.п.

Сухая транспортировка материалов включает операции погрузки, разгрузки, транспортирования, накопления и питания, см. раздел 7.

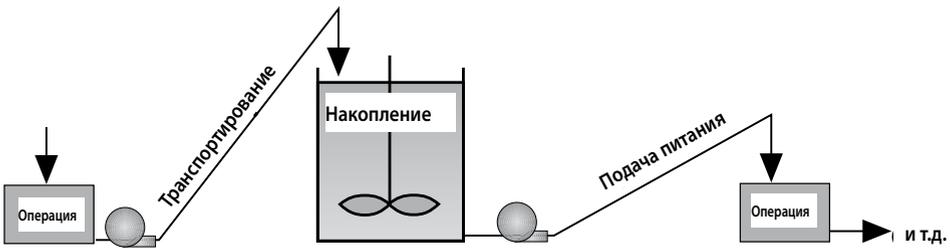
Транспортировка материалов, называемая **транспортировкой пульпы**, также в своей основе содержит операции транспортирования (посредством шламовых насосов и трубопроводов), питания (посредством шламовых насосов) и накопления (с перемешиванием пульпы), см. раздел 8.

Процессы обогащения

Сухая транспортировка материалов



Транспортировка пульпы



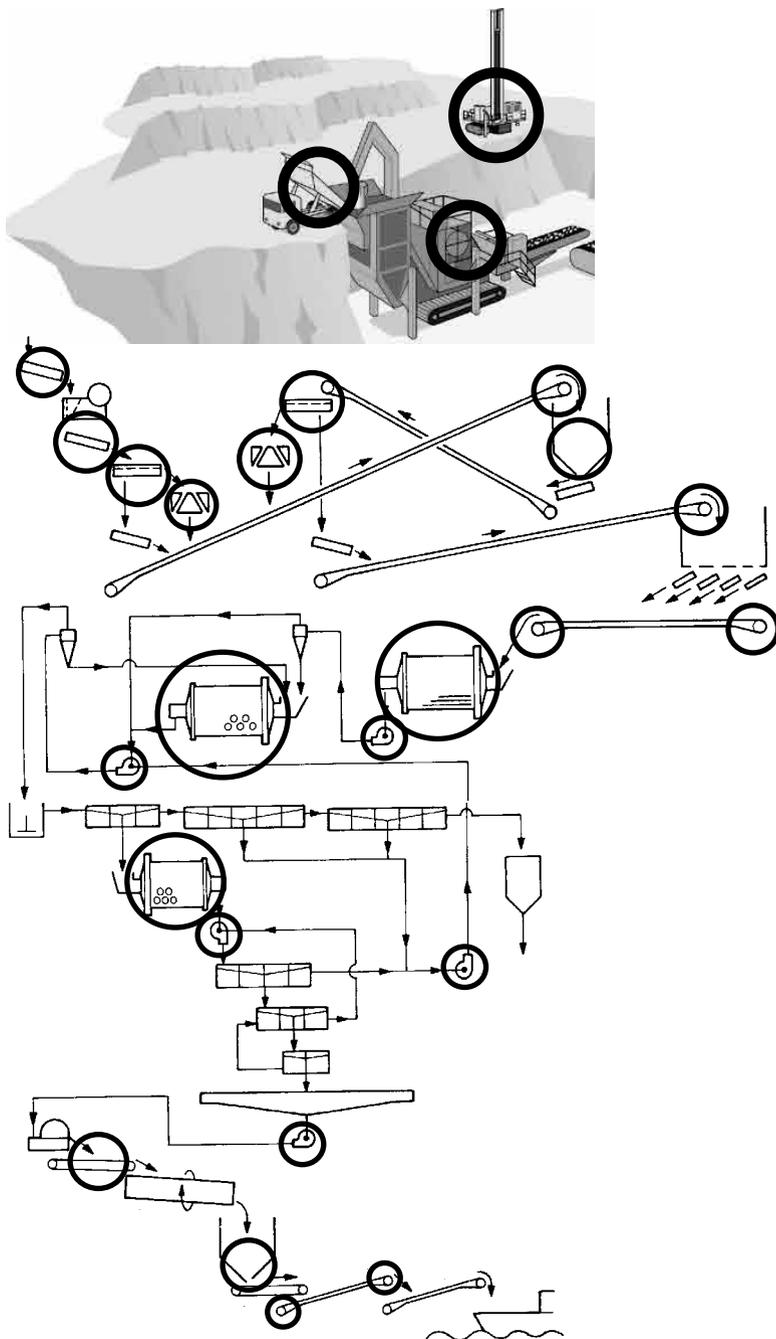
Процессы обогащения

Эксплуатационный износ

Всегда, когда какой-либо из видов энергии проникает в каменный материал, руду или минерал, возникает износ.

Конечно, есть различие между случаями, когда минерал твердый или мягкий, мелкий или крупный, мокрый или сухой, однако износ имеет место всегда. Как машины, так и конструкции необходимо защищать от износа при помощи металлов, полимеров или композиционных материалов.

См раздел 9, «Эксплуатационный износ».



Производство и экология

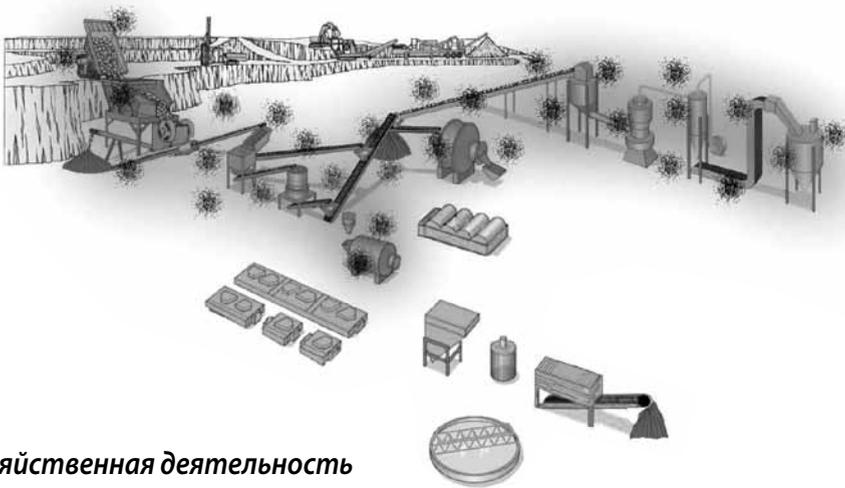
Если износ опасен для оборудования и конструкций, то пыль и шум представляют опасность главным образом для операторов.

Пыль представляет собой проблему и для оборудования и для операторов при сухих процессах.

Шум является проблемой для операторов, как в сухих, так и в мокрых процессах.

Традиционно экология рудообогатительных фабрик имеет плохую репутацию.

В настоящее время это положение меняется, благодаря более жестким законам, и более жестким требованиям со стороны организаторов производства, см. раздел 10, «Производство и экология».



Хозяйственная деятельность

Цены на производимый продукт редко устанавливает сам производитель, чаще это делает рынок, приобретающий этот продукт. Всегда имеется возможность увеличить доход от деятельности предприятия, за счет **резервов**, заложенных в самом выполнении работы.

- Увеличивая производительность можно увеличить объем выпускаемой продукции
- Улучшая качество можно увеличить цену продукции
- Оптимизируя затраты, можно снизить издержки производства
- Улучшая комфорт операторов, можно поднять их мотивацию и уменьшить помехи работе.

Это можно сделать, внося небольшие изменения, улучшая обслуживание, инвестируя в более эффективное оборудование, см. все разделы.

Резервы хозяйственной деятельности

ОБЪЕМ	×	ЦЕНА	-	ИЗДЕРЖКИ	+	МОТИВАЦИЯ = \$
Производительность		Качество		Контроль затрат		Комфорт
ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ ГОТОВНОСТЬ (активное время)		КРУПНОСТЬ / ФОРМА		КАПИТАЛЬНЫЕ ВЛОЖЕНИЯ		БЕЗОПАСНОСТЬ
ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ		ЧИСТОТА / ИЗВЛЕЧЕНИЕ		ЭНЕРГИЯ		ЭКОЛОГИЯ
ГИБКОСТЬ		УПЛОТНЕНИЕ / ПЛОТНОСТЬ		МАТЕРИАЛЫ		ВЗАИМО-ОТНОШЕНИЯ

3. ОСНОВНЫЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Почему шламовые насосы?

По определению, шламовые насосы являются тяжелым, мощным вариантом центробежных насосов способных перекачивать густые и абразивные вещества.

“Шламовый насос” должен восприниматься как общий термин, отличающий насосы такого вида от других центробежных насосов, предназначенных главным образом для чистых жидкостей”.

Шламовый насос – название по функции

Термин Шламовый Насос, как определено, охватывает различные типы центробежных насосов тяжелого типа, используемых для гидравлической транспортировки твердых частиц.

Для уточнения терминологии следует использовать классификацию твердых частиц, перекачиваемых насосами в разных областях применения.

Шламовые Насосы используются для перекачивания грязи/глины, мягкого грунта и песка в диапазоне крупности твердых частиц до 2 мм.

Диапазоны крупности таковы:

Грязь/глина минус 2 микрона

Мягкий грунт 2-50 микрон Песок, мелкий 50-100 микрон

Песок, мелкий 50-100 микрон

Песок, средний 100-500 микрон

Песок, крупный 500-2000 микрон

Песковые и гравийные насосы используются для перекачивания галечника и гравия в диапазоне крупности 2-8 мм

Насосы для подачи гравийной смеси используются для перекачивания твердых частиц с размерами до 50 мм.

Рефулёрные насосы используются для перекачивания твердых частиц с размерами до и свыше 50 мм.

Шламовый насос – название по сфере применения

Технологические процессы также дают терминологию, обычно:

Пенные насосы указывают на сферу применения, связанную с перекачкой пенных пульп, в основном при флотации.

Насосы для перекачки угля относятся к «сберегающей» гидравлической транспортировке угля в схемах CIP (уголь в пульпе) и CIL (уголь в растворе).

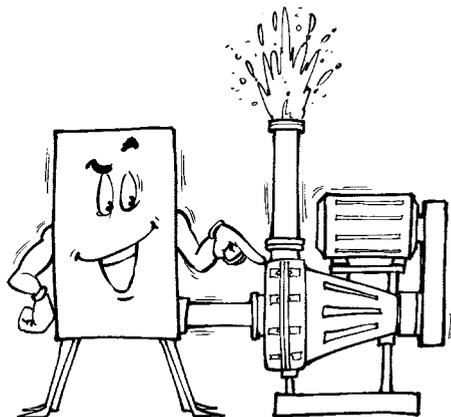
Зумпфовые насосы, также установившееся название обычно для насосов, работающих в приемках пола, с погружными корпусами, но сухими подшипниками и приводами.

Погружные насосы - Весь агрегат, включая привод, погружается.

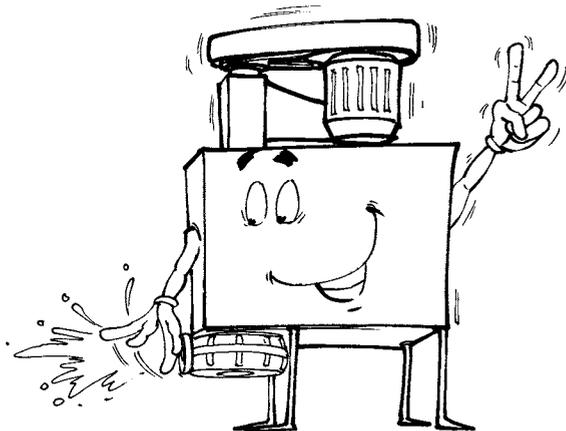
Шламовый насос – установка сухого или полусухого типа?

Установки сухого типа

Большинство шламовых насосов относятся к сухому типу установки, когда привод и подшипники находятся вне пульпы, а “гидравлическая часть” закрыта. Насосы стоят отдельно, в стороне от резервуара с перекачиваемой жидкостью.

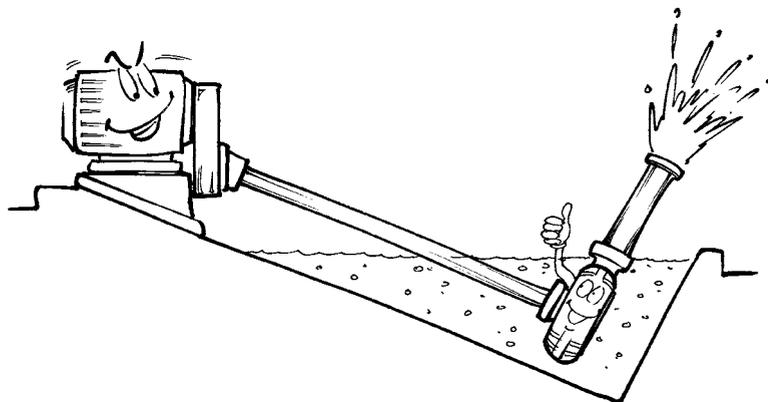


Вертикальный насос с совмещенным резервуаром имеет открытый зумпф, а корпус насоса установлен на нижней части резервуара. Консольный вал крыльчатки с корпусом подшипника и приводом, смонтированным на верхней части резервуара, вращает рабочее колесо внутри корпуса насоса. Пульпа подается из резервуара в “гидравлическую часть” по бокам вала и выбрасывается горизонтально из выходного отверстия. В конструкции отсутствуют уплотнения вала и погружные подшипники.

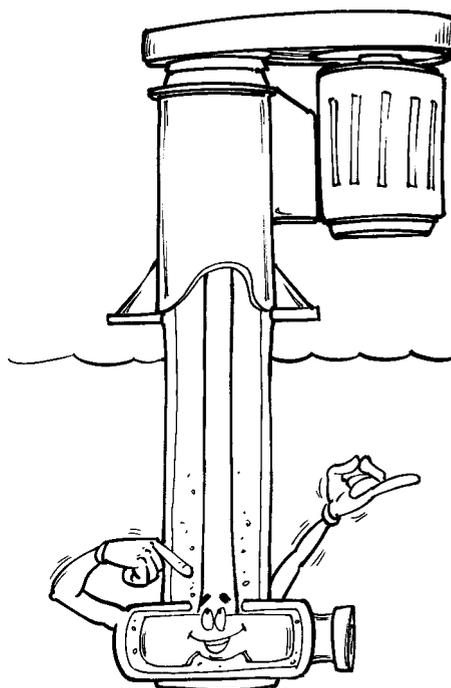


Установки полусухого типа

Специальная компоновка может быть использована для рефулёрных установок, когда горизонтальные насосы применяются при заполненной жидкостью "гидравлической части" (и подшипниками). Это требует особых схем расположения уплотнений для подшипников.



Зумпфовый насос имеет заполненную жидкостью "гидравлическую часть", расположенную на конце консольного вала (отсутствуют погружные подшипники), и сухой привод.

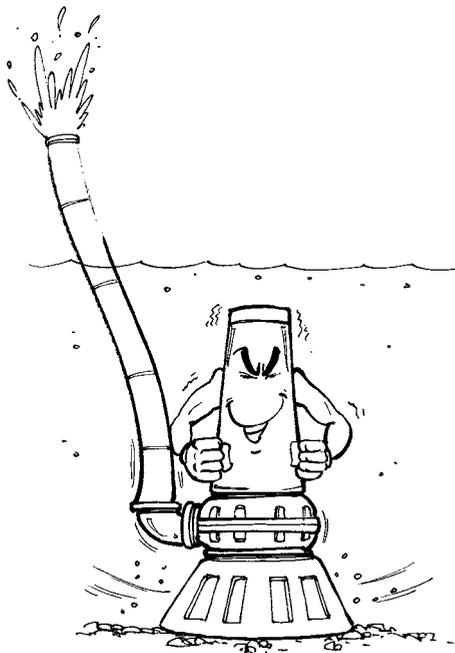


Установки мокрого типа

Для определенных областей применения шламовых насосов существует потребность в полностью погружаемом насосе.

Например, подъем пульпы из зумпфа при большом колебании свободных уровней пульпы.

В этом случае корпус и привод погружаются, что требует специальной конструкции и компоновки уплотнений.



Шламовые Насосы и условия износа

Для обеспечения хорошего эксплуатационного качества при различных рабочих условиях и сферах применения используются следующие рекомендации по выбору конструкции насоса по классификации.

- Среда с высокой абразивностью
- Абразивная среда
- Среда с умеренной абразивностью

Вывод:

Все насосы, относящиеся к серии шламовых насосов, являются центробежными насосами! “Шламовый Насос” – это видовое определение!

Все шламовые насосы на практике получают свое название по сфере применения:

- Шламовые насосы
- Гравийные насосы
- Рефулёрные насосы
- Зумпфовые насосы
- Пенные насосы
- Угольные насосы

Имеются три принципиально разных конструкции:

- Горизонтальный и вертикальный резервуар (установка сухого типа)
- Вертикальный зумпф (установка полусухого типа)
- Резервуар (установка сухого типа)
- Погружной (установка мокрого типа)

Конструкции шламовых насосов выбираются и поставляются согласно условиям износа

- Среда с высокой абразивностью
- Абразивная среда
- Среда с умеренной абразивностью

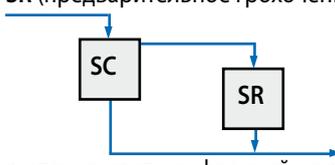
Классификация - Введение

Под классификацией понимают процесс разделения твердой фракции на два или более продукта на основе крупности зерен. Разделять по крупности можно и мокрый и сухой материал.

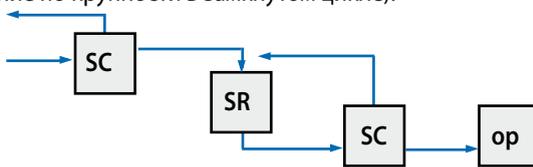
Как упоминалось ранее, ни дробилки, ни мельницы не являются достаточно точными устройствами при выполнении дробления и измельчения, и они выдают много материала нежелательных классов крупности. При оптимальном разделении результат можно улучшить, как в отношении производительности, крупности, так и в отношении формы частиц.

Цель классификации

Предотвратить переизмельчение материала готовой крупности на следующей стадии измельчения SR (предварительное грохочение SC).



Предотвратить прохождение крупных фракций на следующую стадию измельчения или на следующую технологическую операцию (op) (разделение по крупности в замкнутом цикле).



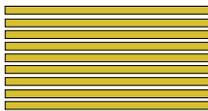
Получить продукт заданной крупности (разделение продукта по крупности)



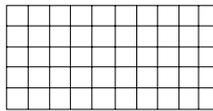
Методы классификации

В практике обогащения полезных ископаемых существуют два доминирующих метода классификации:

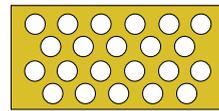
- **Грохочение**, в котором для разделения используются просеивающие поверхности с отверстиями разной геометрии.



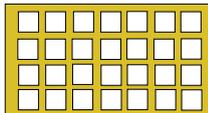
Колосниковая решетка



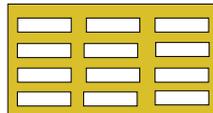
Проволочная сетка



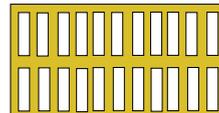
Решето с круглыми отверстиями



Решето с квадратными отверстиями

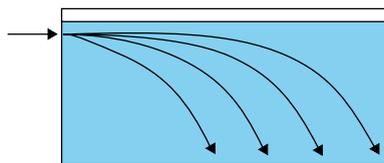
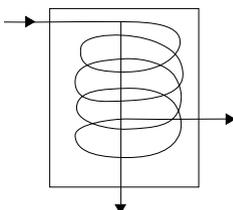


Решето с прямоугольными отверстиями



Решето с прямоугольными отверстиями

- **Грохочение**, в котором для разделения используются просеивающие поверхности с отверстиями разной геометрии.



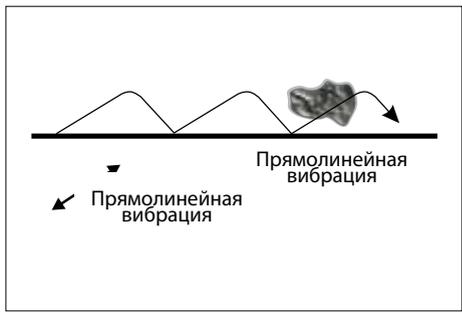
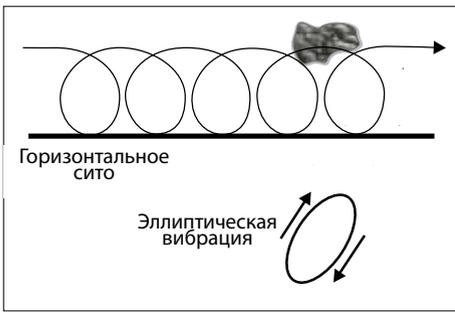
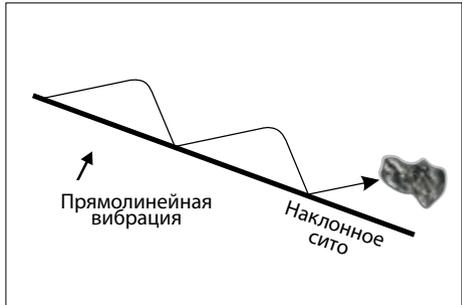
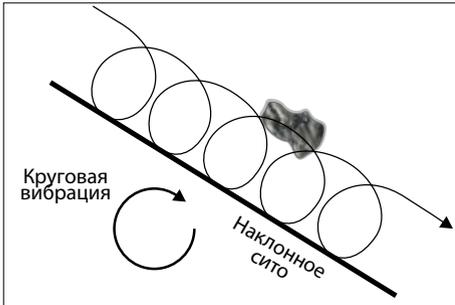
Классификация

Грохоты

Действие грохота определяется тремя основными параметрами:

Движением – Наклоном – Видом просеивающей среды

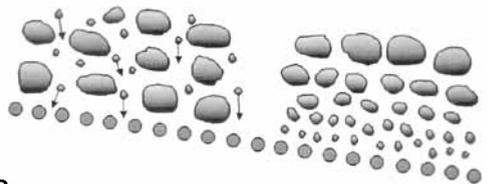
Движение просеивающей среды



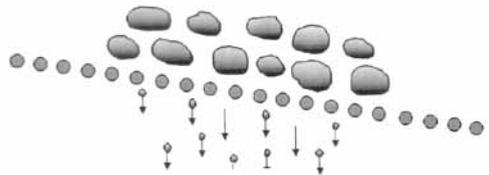
Просеивание с сегрегацией

Если на поверхности сита создать минеральную постель, то движение сита будет снижать внутреннее трение в материале, и материал будет разделяться на слои. Это означает, что более мелкие зерна смогут проходить между крупных, обеспечивая резкое разделение классов.

Сегрегация

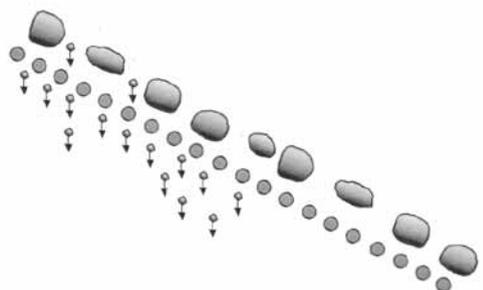


Разделение



Просеивание за счет свободного падения

Если наклон сита, используемый при сегрегации, увеличить вдвое (от 10-15 до 20-30 градусов), то получим режим свободного падения зерен, что означает, что слой зерен не сможет нарастать на просеивающей поверхности. Зерна будут напрямую проходить через просеивающую среду, что дает более высокую производительность (или более компактную установку), но при этом менее резкое разделение классов. Такой режим оптимально использовать, когда необходимо быстро удалять большой объем мелочи.



Типы грохотов

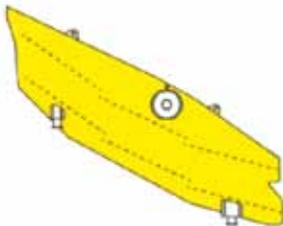
Существует множество типов грохотов, но они все могут быть сведены к четырем типам, показанным ниже. Из них, приблизительно 80% используемых в мире грохотов относятся к типу с одним наклонным участком и сегрегацией. Остальные - это грохоты с двумя, тремя наклонными участками или с мультинаклоном, в которых для решения различных задач грохочение с сегрегацией сочетается с грохочением со свободным падением зерен.



С одним наклонным участком

- С сегрегацией
- Круговая вибрация (15 град.)
- Линейная вибрация (0-5 град.)
- Остается лидером избирательного грохочения

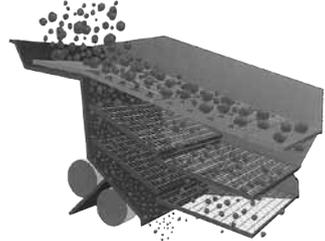
Характеристики, см. 4:19



С тремя наклонными участками

- Сочетает производительность и избирательность
- Типичный контрольный грохот для особо крупных классов материала

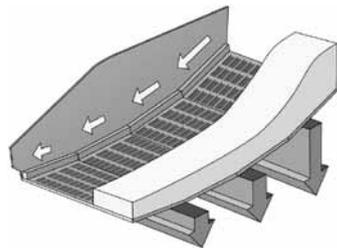
Характеристики, см. 4:21



С двумя наклонными участками

- Со свободным падением
- Компактный - высокая производительность за счет пониженной избирательности
- Типичен для грохочения в цикле

Характеристики, см. 4:20



С мультинаклоном (дуговой)

- Эффективен для грохочения тонких фракций
- Популярен для просеивания угля и металлосодержащих руд

Характеристики, см. 4:21

Производительность грохота

Выбор типоразмера грохота это длительный процесс, которым должны заниматься специалисты. Чтобы получить представление о производительности можно воспользоваться нижеприведенными данными. Они относятся к грохочению с сегрегацией на проволочной сетке.

Разделение (мм)	Подача питания на сито (т/ч)			
	3,6 x 1,5 м 5,4 м ²	4,2 x 1,8 м 7,6 м ²	4,8 x 2,1 м 10,0 м ²	6,0 x 2,4 м 14,4 м ²
2	20	30	45	65
5	50	70	95	135
8	75	105	140	180
12	100	145	200	230
16	125	180	230	270
25	175	250	300	350
32	200	290	350	400
50	270	370	430	500
90	370	460	550	640

Пример:

Грохот с одним ситом. Крупность питания 50% - 2 мм.

Производительность по питанию 90 т/ч, отделяемая фракция 2 мм

Выбор: сито площадью 10 м².

Выбор просеивающей среды

Выбор надлежащего типа и размера грохота - важная задача. Столь же важен и выбор просеивающей среды. Это касается не только надлежащего размера отверстий сит в свету, который определяет крупность отделяемых фракций, но также и эксплуатационного износа этих сит. Ниже приведено краткое руководство по выбору просеивающей среды.

Резина или полиуретан?

Крупность питания	Выбор	Почему?
>35 мм сухое	Резина, 60 по Шору	Поглощает удар Абразивная стойкость при скольжении
<0-50 мм мокрое	Полиуретан	Очень высокая абразивная стойкость при скольжении Точное разделение
<40 мм сухое/влажное	Резина, 40 по Шору (мягкая)	Очень гибкая Предотвращает засорение.

Будьте осторожны и не допускайте:

Попадания масла при использовании резиновых сит

Попадания горячей воды или кислот при использовании полиуретановых сит

Какова должна быть толщина?

Общее правило для минимальной толщины

$$\frac{\text{Макс. крупность питания}}{4} = \text{Толщина панели}$$

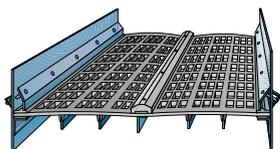
Что будет, если взять панель...?

ТОНЬШЕТОЛЩЕ

- | | | |
|---|---------------------------------|---|
| + | Производительность | - |
| + | Точность | - |
| - | Срок службы | + |
| - | Тенденция к засорению/Налипанию | + |

ВНИМАНИЕ: Толщина не должна превышать требуемой крупности продукта.

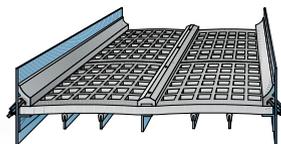
Какой тип панели выбрать?



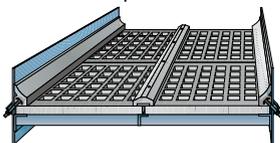
Натяжные маты с крюками, подходят ко всем грохотам с выпуклыми деками и натяжными рельсами.



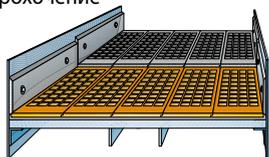
Панели с проволочной сеткой обеспечивают наибольшее живое сечение и легкодоступны



Панели с болтовым креплением и предварительным натяжением для простого монтажа; гарантируют эффективное грохочение



Самоподдерживающиеся панели для грохотов с открытой конструкцией рамы для тяжелых условий работы.



Модульные системы обеспечивают гибкость выбора сочетания износостойкого материала/конфигурации отверстий

Какой взять размер отверстий? (Наклонное сито)

Общее правило для проволочных сеток:

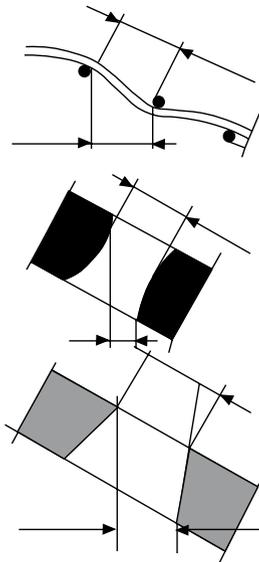
“Требуемая крупность продукта плюс 5 – 10%”

Общее правило для резиновых панелей:

“Требуемая крупность продукта плюс 25 – 30%”

Общее правило для ПУ панелей:

“Требуемая крупность продукта плюс 15 – 20%”



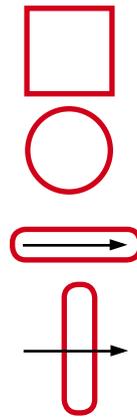
Какой выбрать тип отверстий?

Стандартный выбор

Для увеличения срока службы (крупное грохочение)

Для увеличения производительности

Для увеличения точности и удаления воды

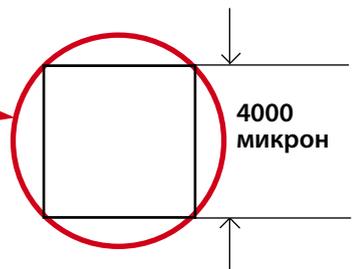
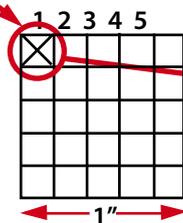


Крупность зерен – Число меш или микроны?

меш*	микрон	меш	микрон	меш	микрон
2 1/2	8000	14	1180	80	180
3	6700	16	1000	100	150
3 1/2	5600	20	850	115	125
4	4750	24	710	150	106
5	4000	28	600	170	90
6	3350	32	500	200	75
7	2800	35	425	250	63
8	2360	42	355	270	53
9	2000	48	300	325	45
10	1700	60	250	400	38
12	1400	65	212	500	25

*Шкала Тайлера (США)

Число меш = числу проволок на дюйм или числу квадратных отверстий на дюйм



Классификация

Классификация - Введение

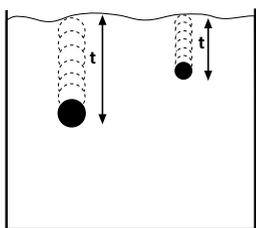
При разделении по крупности частиц меньших, чем 1 мм, мы выходим из границ применимости традиционных грохотов.

Классификация - это процесс разделения частиц по крупности на две или большее число фракций в соответствии с их поведением в воздухе или в воде (в жидкостях).

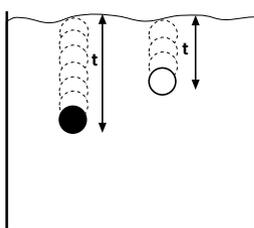
Методы классификации

- **Мокрая классификация** при помощи **гидроциклонов**, в которых используется разделение за счет центробежной силы, и которые охватывают диапазон крупности 10-100 микрон (типичный).
- **Мокрая классификация** при помощи **спиральных классификаторов**, в которых используется разделение за счет силы тяжести, и которые охватывают диапазон крупности 100-1000 микрон (типичный).
- **Сухая классификация**, в которой используется разделение за счет центробежной силы, и которая охватывает диапазон 5-150 микрон (типичный).

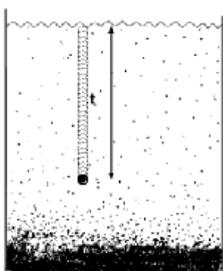
Мокрая классификация - основные принципы



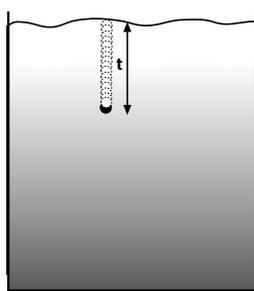
При равной плотности, крупные частицы движутся быстрее, чем мелкие



При равной крупности, частицы высокой плотности движутся быстрее, чем частицы низкой плотности



Свободное движение

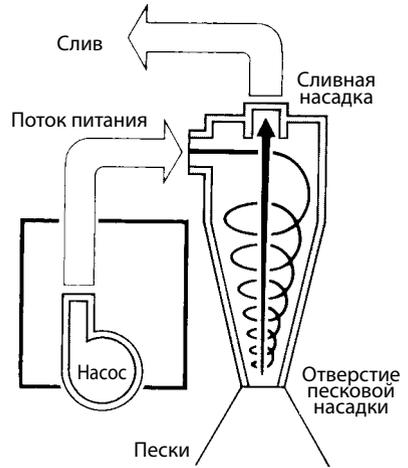


Стесненное движение

Если частице не мешают другие частицы, она движется быстрее, нежели частица окруженная другими частицами из-за увеличенной плотности и вязкости пульпы. Это явление носит название свободного и стесненного движений, и оно действительно для классификации, как за счет сил тяжести, так и за счет центробежных сил.

Гидроциклон

Центробежные силы классифицируют частицы по крупности (массе). Частицы с большой массой, находящиеся ближе к наружной стенке, выходят в пески. Частицы с малой массой, находящиеся ближе к оси, выходят в слив.



Классификация

Устройство гидроциклона

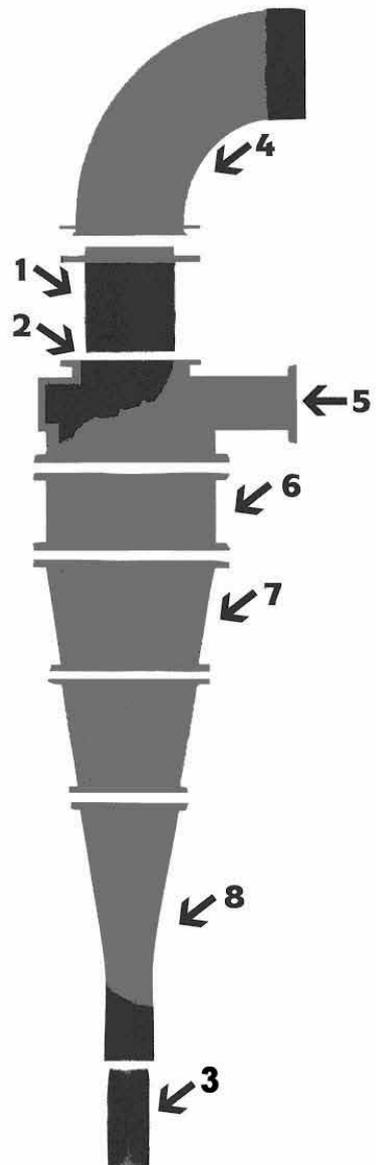
1. Сливная насадка
2. Входная камера
3. Песковая насадка (концевая)
4. Сливной патрубком
5. Патрубок питания
6. Цилиндр (барабан)
7. Конусы
8. Удлинитель конуса

Применение гидроциклонов - не только для разделения частиц по крупности

Хотя гидроциклоны по своей природе представляет собой аппараты для разделения частиц по крупности, они имеют множество применений на обогатительных фабриках

- Классификация в схемах измельчения
- Обезвоживание и сгущение
- Обесшламливание и промывка
- Тяжелосредная сепарация (ТСС)
- и другие применения

См. также характеристики на стр. 4:22



Классификация

Гидроциклон – Выбор типоразмера

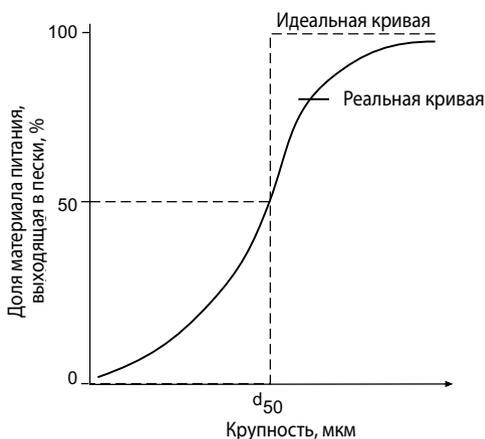
Правильный выбор гидроциклона зависит от ряда взаимосвязанных факторов, и лучше всего, если это сделает ваш поставщик при помощи компьютерного моделирования.

Ниже приведена сокращенная процедура, которая поможет вам сделать предварительный выбор.

Что такое величина d_{50} ?

Любой гидроциклон не идеален. В сливе всегда будут появляться крупные частицы, а в песках - мелкие.

Поэтому для циклона устанавливается номинальная крупность разделения, обозначаемая d_{50} , т.е. крупность частиц, которые с вероятностью 50% могут появиться как в верхнем продукте (сливе), так и в нижнем продукте (песках). Эта крупность разделения используется для корректного выбора диаметра циклона, см. ниже.



Определение крупности разделения

Обычно, конечный пользователь циклона не пользуется величиной d_{50} . На практике выбор производится по требуемому гранулометрическому составу слива, например, 95 % минус 100 микрон.

(K95 = 100 микрон)

Перевод в значения $d50$

% проходящего в слив	Коэффициент
99	0,49
95	0,65
90	0,79
80	1,06
70	1,36
60	1,77
50	2,34

Пример: Для флотации требуется питание 95% минус 75 микрон. Это соответствует номинальной крупности разделения

$$d_{50} = 75 \times 0,65 = 48,75 \text{ микрон}$$

Как только будет определена величина d_{50} , можно из диаграммы на следующей странице выбрать диаметр циклона!

Плотность питания

Для эффективной классификации важно, чтобы плотность питания была как можно ниже (частицы двигались свободно).

10-15 % твердого по объему - хорошая эффективность.

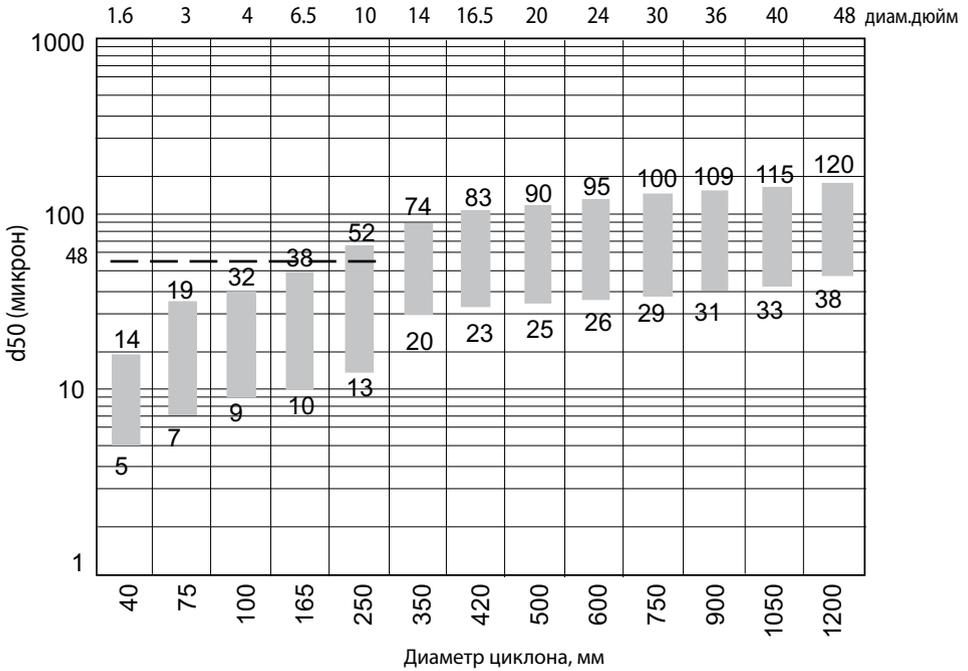
15-30% твердого по объему - ухудшение эффективности.

> 30 % твердого по объему - классификация неэффективна.

На величину крупности разделения оказывает влияние давление питания, чем больше давление - тем меньше крупность разделения (следите за износом).

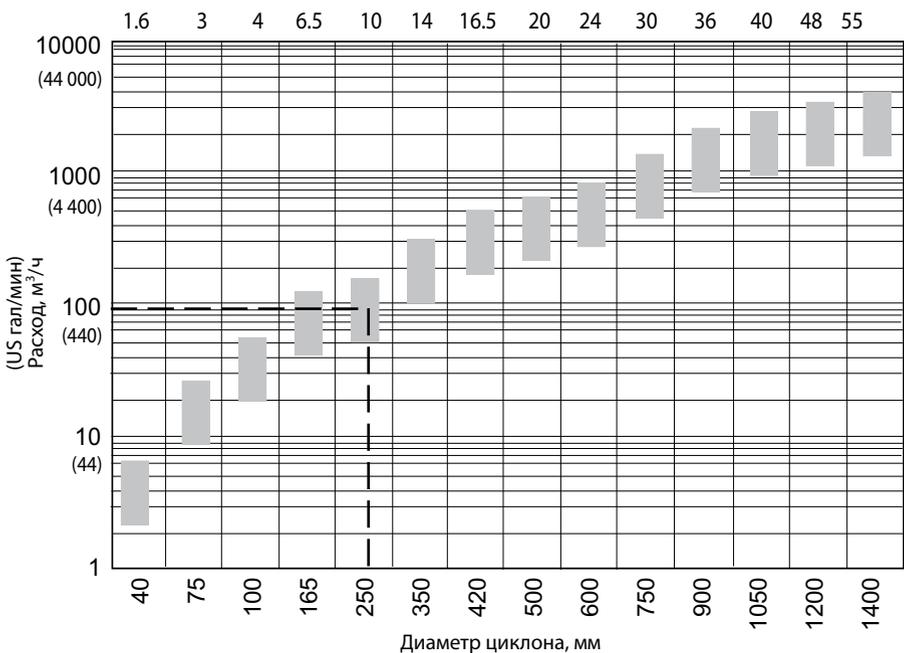
Выбор диаметра гидроциклона

После того, как определено значение d_{50} , можно выбрать диаметр циклона из следующей диаграммы: Для вышеприведенного примера = 48 микрон = диаметр циклона 250 мм (10").



Выбор числа гидроциклонов

Объемная производительность циклона зависит от его диаметра. Более крупный циклон будет работать с большей производительностью. Как только определен требуемый диаметр, далее, из нижеприведенной диаграммы, можно определить число циклонов, необходимое, чтобы пропустить питание с заданным расходом. Для вышеприведенного примера: циклон диаметром 250 мм = расход 100 м³/ч/циклон.



Классификация

Классификация

Спиральный классификатор

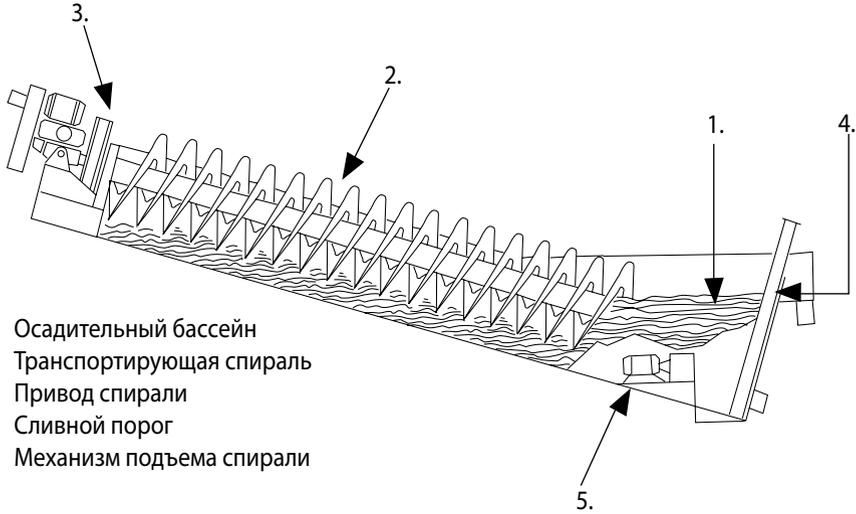
Если совместить статический отстойник прямоугольного сечения с наклонной спиралью для транспортирования осадка, то получится спиральный классификатор.

Спиральный классификатор - Наименование

SC 90 ST-2 означает: Спиральный классификатор с диаметром спирали 90 см, с прямым корытом, с двухзаходной спиралью.

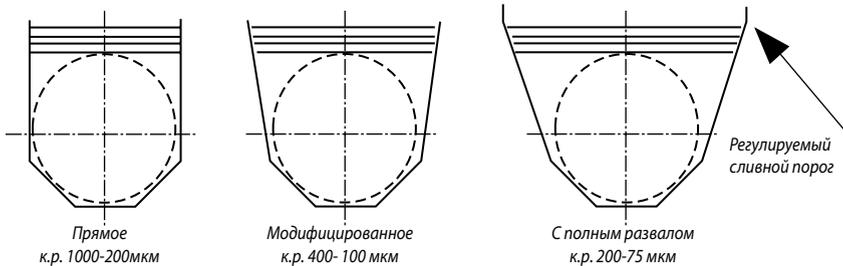
Спиральный классификатор – Устройство

Конструкция спирального классификатора проста и надежна, с небольшим количеством подвижных частей. Это надежная машина для тяжелых условий классификации в диапазоне крупности 100-1000 микрон.



Особенности конструкции спиральных классификаторов:

- Сменная футеровка,
- Погружной подшипник для спирали
- Варианты корыта и регулируемого сливного порога для полной гибкости в отношении зоны бассейна и значения крупности разделения (к.р.) при классификации.



Применение спиральных классификаторов

Как и гидроциклон, данная машина для разделения материала по крупности зерен имеет множество практических применений на обогатительных фабриках

- Измельчение в замкнутом цикле (для первичной классификации, когда циклон осуществляет вторичную классификацию)
- Обезвоживание
- Извлечение песка
- Обесшламливание
- Сгущение утяжелителя

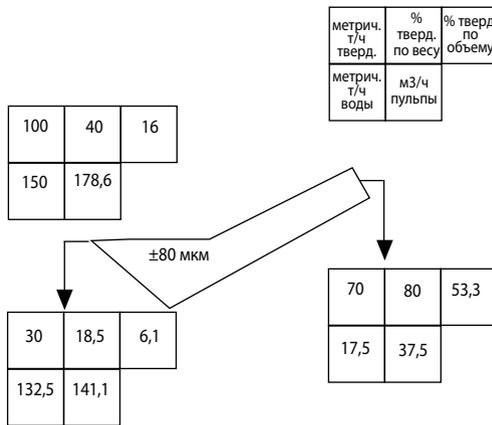
Спиральный классификатор - Выбор типоразмера (метрич.)

Подробную информацию по выбору спиральных классификаторов можно получить в региональном Центре поддержки поставленного оборудования. Предварительный выбор типоразмера можно произвести по следующей методике.

Процедура выбора спирального классификатора состоит из **трех** этапов. Вопервых выбирают **диаметр спирали**, число заходов и скорость вращения исходя из предположительного количества крупного продукта (выгребанного). Затем выбирают **площадь зеркала пульпы бассейна**, чтобы получить надлежащее значение крупности разделения при предположительной скорости перелива и плотности пульпы. Наконец, следует проверить **площадь сжатия крупной фракции (песков) в бассейне**.

1. Определение массового баланса

Используйте метрическую систему! 1 метрич.тонна = 1.1 короткой тонны



2. Выбор окружной скорости спирали и эффективности выгребания песков

Окружную скорость выбирают так, чтобы избежать слишком быстрого вращения спирали, приводящего к чересчур сильному взмучиванию в зоне разделения, или уменьшения времени дренирования для крупной фракции.

Параметр «**эффективность выгребания песков**» отражает тот факт, что спираль не является транспортирующим устройством со 100% эффективностью, и некоторые частицы будут стремиться, скользя, пройти назад, вдоль шнека, в особенности при транспортировании мокрого или мелкого материала.

Скорость вращения спирали, об/мин

Ø	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	15	16	20
см														

Таблица 1 Эффективность выгребания песков и скорость спирали*

Крупность зерен мм	Удельный вес							
	2.0		3.0		4.0		5.0	
	м/с	эфф. %	м/с	эфф. %	м/с	эфф. %	м/с	эфф. %
0,300 - 12,7	0,40	75	0,45	80	0,55	90	0,55	95
0,100 - 12,7	0,35	70	0,40	75	0,45	75	0,55	80
0,100 - 0,6	0,35	67	0,35	70	0,35	75	0,40	80
0,075 - 0,6	0,35	60	0,35	67	0,35	70	0,35	70
0,075 - 0,3	0,35	50	0,35	60	0,35	67	0,35	70
0,045 - 0,2	0,30	50	0,30	60	0,35	60	0,30	50

*Скорость концов спирали

Классификация

3. Расчет 'правильной' Производительности Спирального Захвата

$$\text{Откорректир. Произв. Спир. Захв.} = \frac{\text{Производит. Спир. Захв. (м}^3\text{/ч)}}{\text{КПД спирали}}$$

4. Выбор Правильного Диаметра, Шага и Скорости

Выбор делается из Таблицы 2 и Таблицы 3 ниже, используя откорректированную объемную производительность спирального захвата. Шаг относится к числу спиралей на одиночном валу (1 или 2). Выбрать окружную скорость согласно выбранному диаметру и шагу.

Таблица 2 Производительность выгребания (м³/ч)

Ø см	Число заходов													
30	SP												0,6	0,6
	DP	SP = Однозаходн.										1,2	1,9	
40	SP	DP = Двухзаходн.										0,6	1,2	
	DP								1,2				1,9	
60	SP					4,3	5,0	5,6	5,6	6,8	7,4	8,1	8,7	
	DP					8,3	9,4	10,6	10,6	13,0	14,1	15,5	16,7	
75	SP			5,6	6,8	7,4	8,1	8,7	9,3	9,9	10,5			
	DP			10,6	13,0	14,1	15,3	16,5	17,7	18,9	20,0			
90	SP		9,3	11,2	13,0	14,9	15,5	17,4	19,2					
	DP		17,7	21,2	24,8	28,3	29,5	33,0	36,5					
120	SP	18,6	22,3	27,3	31,0	34,1								
	DP	35,4	42,4	51,9	58,9	64,8								
150	SP	27,3	35,4	43,4	50,9									
	DP	51,9	67,2	82,5	96,7									
200	SP	52,1	68,9	81,9										
	DP	99,0	130,8	156,6										

Таблица 3 Окружная скорость (м/с)

Ø см	Скорость вращения спирали, об/мин															
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	20	
0													0,24		0,32	
40									0,21				0,32			
60							0,25	0,28	0,32	0,35	0,38	0,42	0,48	0,51		
75				0,24	0,28	0,32	0,36	0,40	0,44	0,48	0,52	0,24				
90			0,24	0,28	0,34	0,38	0,43	0,48	0,53							
120			0,25	0,32	0,38	0,45	0,51									
150	0,24	0,32	0,40	0,48												
200	0,31	0,43	0,53													

5. Эквивалентная крупность частиц

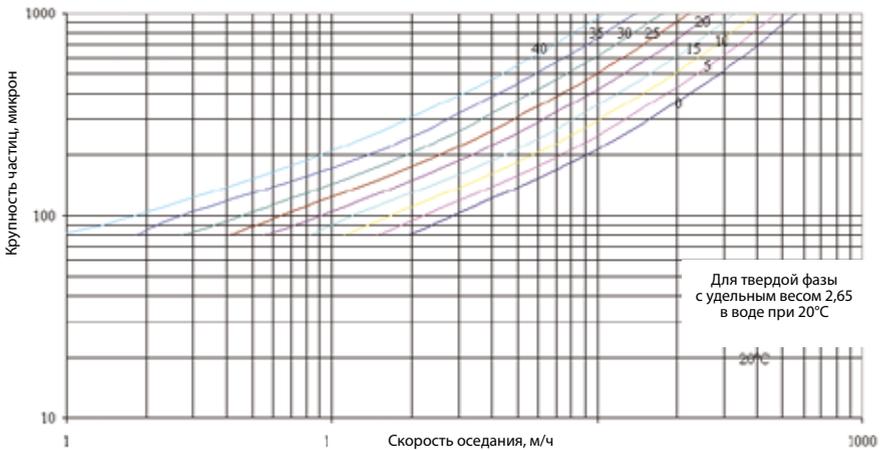
Площадь бассейна рассчитывают, полагая удельный вес частицы (SG) равным 2.65. Если реальная цифра другая, то необходимо внести поправку. Необходимо произвести умножение на коэффициент $\sqrt{(SG - 1) / 1.65}$ (Закон Стокса).

Например, для частицы 80 мкм, имеющей $SG = 3.2$ поправочный коэффициент будет $\sqrt{(3.2 - 1) / 1.65} = 1.15$, так что эквивалентная крупность частицы составит $80 \times 1.15 = 92$ мкм.

6. Скорость оседания частиц

Скорость оседания частиц необходимо считать с нижеприведенной диаграммы в соответствии с эквивалентной крупностью частиц и процентом твердого по объему в сливе (взять из данных массового баланса).

Диаграмма 1 Зависимость скорости оседания от крупности частиц при различном проценте твердого по объему.



7. Площадь зеркала пульпы в бассейне

$$A_{\text{overflow}} = \frac{\text{Скорость перелива (м}^3/\text{ч)}}{0.7 \times \text{Скорость оседания (м/ч)}}$$

0.7 это коэффициент, учитывающий возмущения, вносимые спиралью.

Выберите классификатор из таблицы 4 так, чтобы вычисленная площадь попала в расчетные пределы.

8. Вычисление площади сжатия бассейна

Когда происходит осаждение частиц в корыте классификатора, они опускаются на дно с постоянно уменьшающейся скоростью (теория осаждения при стесненном падении частиц). Чтобы избежать накопления частиц, которые слишком малы, чтобы опуститься на дно, но слишком велики, чтобы подняться в слив, необходимо проверить **площадь сжатия бассейна**.

- Считайте с диаграммы 1 скорость осаждения для эквивалентной крупности разделения при 40 % твердого по объему.
- Вычислите сжимающий объем песков при 40 % v/v, разделив сухие тонны на $(SG \times 0.4)$.

$$A_{\text{comp}} = \frac{40\% \text{ v/v Расход (т}^3/\text{ч)}}{0.7 \times 0.8 \times \text{Скор.осаждения (м/ч)}}$$

Коэффициент 0.7 имеет тот же смысл, что и ранее, а 0.8 учитывает меньшую площадь бассейна на уровне сжатия. Выберите классификатор по таблице 4.

Классификация

9. Выбор

Выберите наименьший по размерам классификатор, который отвечает требованиям по диаметру спирали, площади зеркала пульпы и площади сжатия бассейна. Размеры машины и мощность двигателя следует взять из технических характеристик.

Таблица 4 Площадь бассейна для стандартных классификаторов

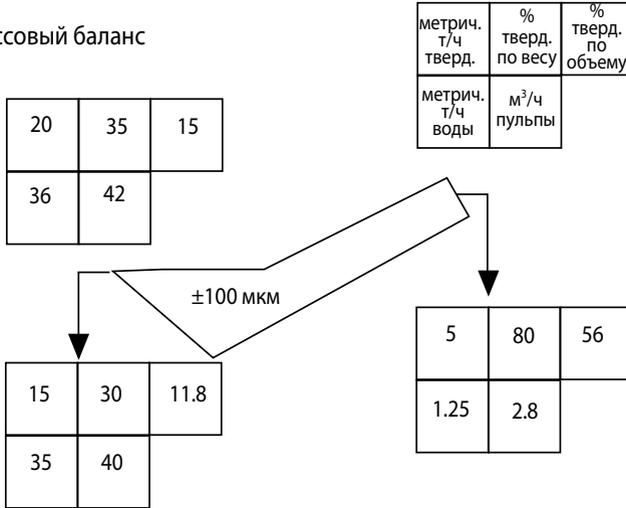
Диаметр спирали	Конфигурация корыта	Макс. площадь басс. м ²	Мин. площадь басс. м ²
30 (12")	Прямое	0.15	-
	Модифиц. с развалом	0.21	-
	С полным развалом	0.30	-
40 (16")	Прямое	0.29	-
	Модифиц. с развалом	0.37	-
	С полным развалом	0.47	-
60 (24")	Прямое	1.5	1.1
	Модифиц. с развалом	2.3	1.8
	С полным развалом	3.2	2.4
75 (30")	Прямое	2.2	1.7
	Модифиц. с развалом	3.4	2.6
	С полным развалом	4.9	3.7
90 (36")	Прямое	3.3	2.4
	Модифиц. с развалом	5.1	3.8
	С полным развалом	7.2	5.4
120 (48")	Прямое	5.7	4.3
	Модифиц. с развалом	8.9	6.7
	С полным развалом	12.5	9.3
150 (78")	Прямое	12.4	9.3
	Модифиц. с развалом	19.8	14.9
	С полным развалом	27.8	20.8
200 (78")	Прямое	14.7	11.0
	Модифиц. с развалом	24.1	18.0
	С полным развалом	32.6	24.4

Пример выбора классификатора

Исходные данные

Минерал:	Сульфидная руда
Производительность:	20 метр.тонн/ч (или т/ч)
Содержание твердого:	35 w/w
Удельный вес твердого:	3.2
Крупность питания:	80 % -250 мкм
Назначение:	Обесшламливание при 100 мкм

1. Массовый баланс



2. Окружная скорость и эффективность выгребания песков

По таблице 1, для заданного SG твердого 3.2 и заданной крупности 80% - 250 мкм, путем интерполяции определяем окружную скорость 0.35 м/с и эффективность 68%.

3. «Откорректированная» производительность выгребания = $\frac{2.8}{0.68} = 4.1 \text{ м}^3/\text{ч}$

4. По таблице 2 выбираем наименьшую спираль с достаточной производительностью транспортирования:

диаметром 60 см, однозаходную со скоростью вращения 8 об/мин.

5. Вычисляем эквивалентную

крупность частиц = $100 \times \sqrt{(3.2 - 1) / 1.65} = 115 \text{ мкм}$

6. По диаграмме 1 считываем скорость осаждения для частиц 115 мкм при 12% твердого v/v. Скорость осаждения составляет около 19 м/ч.

7. Вычисляем площадь зеркала пульпы = $39.7 / (0.7 \times 19) = 3.0 \text{ м}^2$

8. По диаграмме 1 считываем скорость осаждения для частиц 115 мкм при 40% v/v. : 2.2 м/ч

9. Вычисляем площадь сжатия бассейна $[5 / (3.2 \times 0.4)] / (0.7 \times 0.8 \times 2.2) = 3.2 \text{ м}^2$

10. Наименьший по размеру классификатор с достаточно большой площадью бассейна (требуется 3.2 м^2) это SC 60 FF-1 (Таблица 4). Требуемая производительность выгребания песков получается с однозаходной спиралью и скорости вращения 8 об/мин (Таблица 2).

Классификация

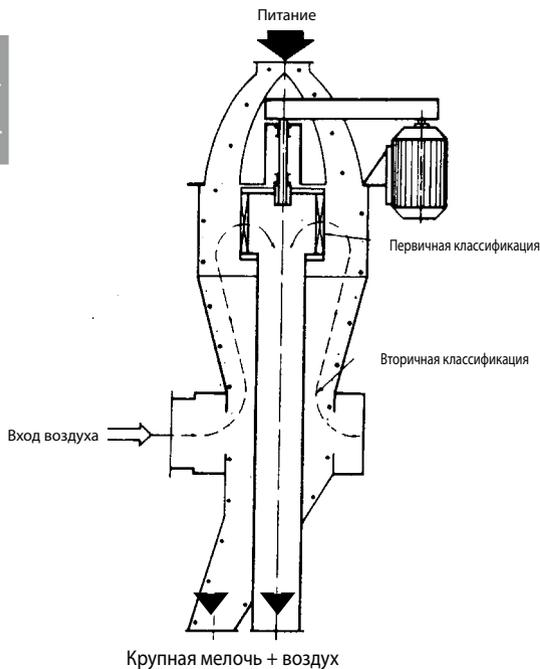
Сухая классификация

Общие сведения

Классификация с использованием воздуха во многом подобна классификации с использованием жидкости. В обоих случаях для влияния на частицы разной крупности используются несущие силы, создаваемые средой.

Сухие классификаторы

На рисунке показаны основные принципы воздушной системы классификации (Delta Sizer).



Восходящий воздушный поток и завихрения вокруг ротора обеспечивают разбрасывание материала.

Аэродинамическая несущая сила вытягивает и протаскивает мелкие частицы сквозь ротор, в то время как центробежная сила отбрасывает крупные частицы. Вторичная классификация имеет место, когда крупные частицы, проваливаясь сквозь восходящий воздушный поток, освобождаются от всякой прилипшей к ним мелочи.

Классификация в схемах дробления и измельчения

Схемы дробления - грохочение в открытом цикле

- Грохочение перед дробилкой исключает спрессовывание
- Меньше износ дробилки
- Общая производительность выше
- Просеивающая поверхность «контролирует» продукт в двух измерениях. Нет «хлопьевидной мелочи»

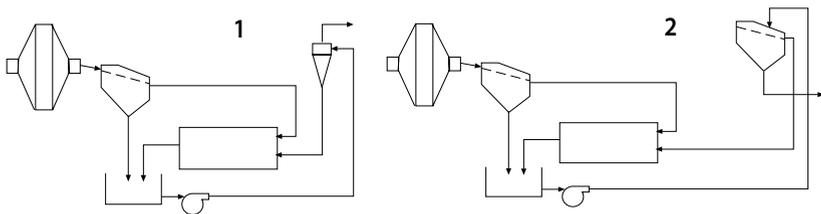
Схемы дробления - грохочение в замкнутом цикле

- Грохоты снижают производительность
- Улучшается калибровка продукта
- Лучше форма - ближе к кубической
- Степень дробления выше



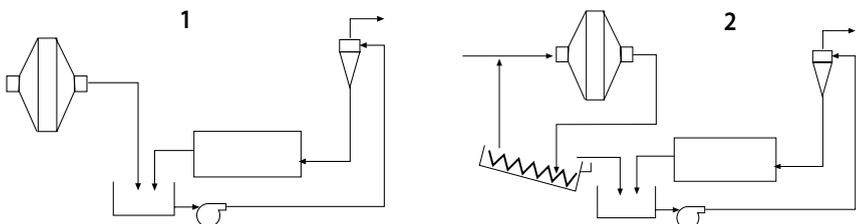
Схемы измельчения - грохочение

- Для удаления классов критической крупности в схемах самоизмельчения и полусамоизмельчения (1)
- Для выведения гали из схем рудогалечного измельчения (1)
- Используются в схемах обработки тяжелых минералов – чтобы избежать переизмельчения (тонкое грохочение) (2)
- Грохоты, будучи статичными (крупность разделения фиксирована), не очень любят, когда меняется крупность продукта, что приводит к изменению циркулирующих нагрузок.
- Механическое повреждение или засорение просеивающей поверхности может приводить к нарушениям в работе.



Схемы измельчения - классификация

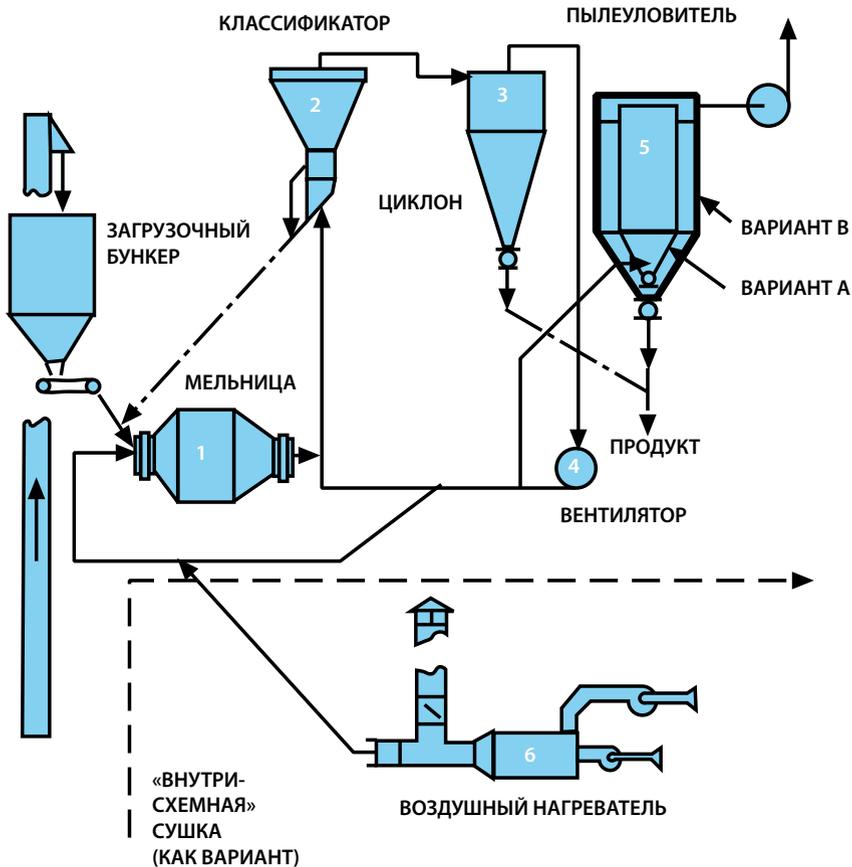
- Классификаторы, будучи динамическими устройствами (значение крупности разделения плавает), более терпимы к изменениям крупности продукта, так как значение крупности разделения сдвигается вместе с этими изменениями.
- Циклоны, будучи самыми распространенными устройствами, эффективны как классификаторы при значениях крупности разделения ниже 200 микрон (1).
- Спиральные классификаторы эффективны как классификаторы при значениях крупности разделения до 800 микрон. Что касается твердого крупных фракций, то спираль способна выводить пески крупностью до 50мм (2").
- Спиральные классификаторы и циклоны могут дополнять друг друга, если значение крупности разделения лежит выше 200 микрон. (2)



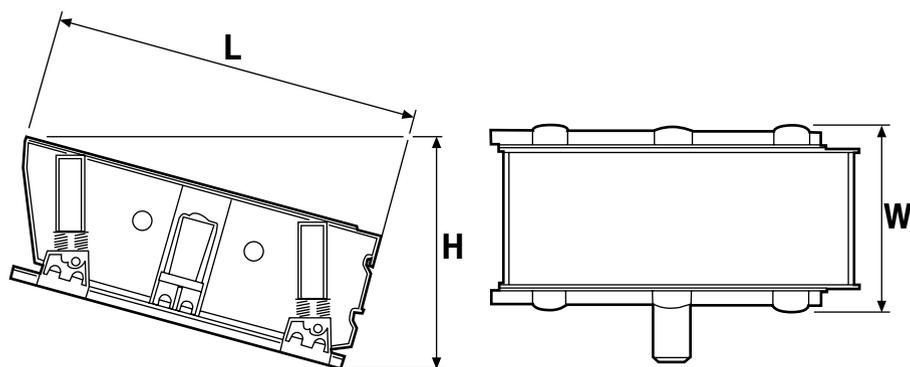
Классификация

Система сухой классификации

Ниже представлена типичная система сухого классификатора. Из-за разницы в вязкости воды и воздуха размеры установки отличаются весьма значительно, см. стр. 4:24



1. Мельница
 2. Классификатор
 3. Циклон для извлечения продукта
 4. Основной вентилятор для создания потока воздуха в цепи
 5. Пылеуловитель для очистки выпускаемого воздуха.
 6. Внутрисхемный нагреватель для питания с повышенной влажностью
- Обычно используется для производства минеральных наполнителей
 - Установка довольно объемна из-за низкого содержания твердого в м^3 воздуха
 - Пылеуловитель необходим для выпуска воздуха.
 - Чувствительность к содержанию влаги
 - Низкая скорость износа
 - Получение продуктов с крупностью до 99% минус 10 микрон

Грохот с одним наклонным участком - с круговой вибрацией

Размеры при наклоне 15°

Модель	H мм (дюйм)	L мм (дюйм)	W мм (дюйм)	Мощность двигателя кВт/л.с.	Вес Тонн
VFS 36/15 2d	2 700 (106)	4 465 (176)	2 230 (88)	11/15	3,7
VFS 42/18 2d*	2 965 (117)	5 065 (199)	2 530 (100)	15/20	4,5
VFS 48/21 2d	3 100 (122)	5 665 (223)	2 830 (111)	18.5/25	5,5
VFS 36/15 3d	3 065 (121)	4 465 (176)	2 230 (88)	15/20	4,7
VFS 42/18 3d	3 220 (127)	5 065 (199)	2 530 (100)	18.5/25	5,8
VFS 48/21 3d	3 530 (139)	5 665 (223)	2 830 (88)	22/30	7,5
VFSM 42/18 2d**	2 900 (114)	5 200 (205)	2 530 (100)	18.5/25	5,6
VFSM 48/21 2d	3 050 (120)	5 800 (228)	2 830 (111)	22/33	7,0
VFSM 60/24 2d	3 550 (140)	7 000 (276)	3 340 (131)	2x18.5/2x25	10,8
VFSM 48/21 3d	3 425 (135)	5 800 (228)	2 830 (88)	2x18.5/2x25	8,5
VFSM 60/24 3d	4 305 (170)	7 000 (276)	3 340 (131)	2x22/2x33	14,2

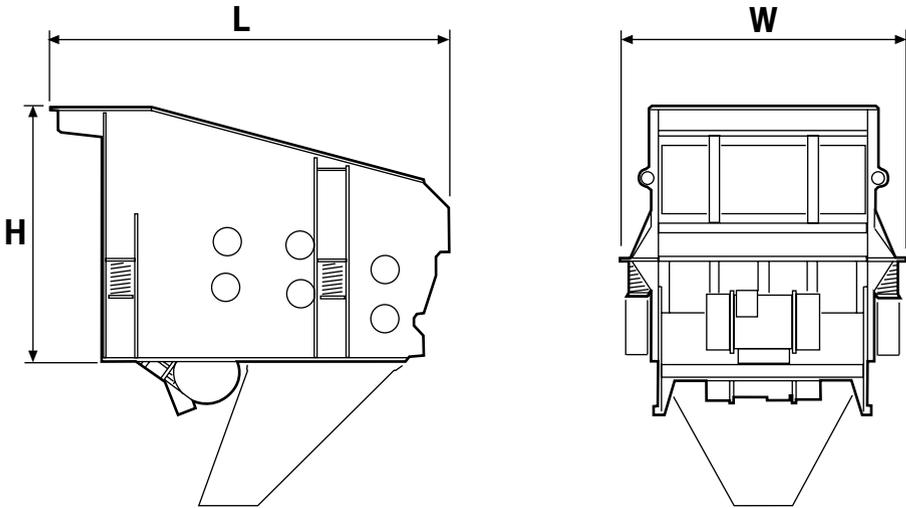
* VFS 42/18 2d = размер деки 4.2м x1.8м (165"x70"), двухярусный

**VFSM 42/18 2d = то же, что и предыдущий, но в исполнении для тяжелых условий работы

Площадь сит вычисляется из наименования модели, например,

VFS 42/18; 4,2x1,8= 7,6 м² x11= 82 фут²

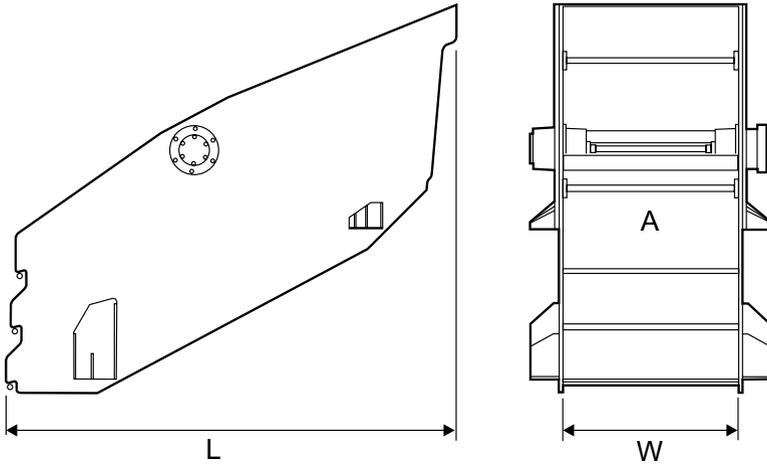
Грохоты с двумя наклонными участками - с линейной вибрацией



Модели	H мм (дюйм)	L мм (дюйм)	W мм (дюйм)	Мощность двигателя кВт/л.с.	Вес ton	Макс. питание мм/дюйм
VFO 12/10 2d	1 450 (57)	1 330 (52)	435 (17)	2x1.3/2x1,7	1,0	120/5
VFO 20/12 2d	1 515 (60)	2 380 (94)	1 700 (67)	2x2.3/2x3,1	1,6	150/6
VFO 20/12 3d	1 515 (60)	2 380 (94)	1 700 (67)	2x2.3/2x3,1	1,7	150/6
VFOM 12/10 3d*	1 390 (55)	1 460 (57)	1 426 (56)	2x2.3/2x3,1	1,3	300/12
VFOM 20/12 3d	1 915 (75)	2 980 (117)	1 720 (68)	2x4.0/2x5,4	2,7	300/12

* VFOM, исполнение для тяжелых условий работы с двойными пружинами на стороне питания и разгрузки

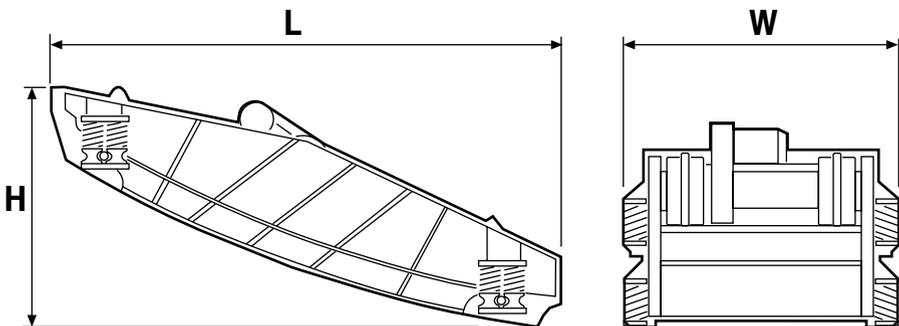
Грохоты с тремя наклонными участками - с линейной вибрацией



Модель	L мм (фут)	W мм (фут) м ² (кв. фут)	A Мощность двигателя кВт/л.с. тонн		Вес
TS*202	4 900 (16)	1 530 (5)	7,4 (80)	15/20	4,8
TS*203	4 900 (16)	1 530 (5)	7,4 (80)	15/20	6,1
TS 302	6 100 (20)	1 835 (6)	11 (120)	15/20	6,2
TS 303	6 100 (20)	1 835 (6)	11 (120)	22/30	8,2
TS 402	6 100 (20)	2 445 (8)	15 (160)	22/30	8,4
TS 403	6 100 (20)	2 445 (8)	15 (160)	30/40	11,2
TS 502	8 250 (27)	2 445 (8)	20 (216)	30/40	11,2
TS 503	8 250 (27)	3 055 (10)	25 (270)	2x22/2x30	15,0

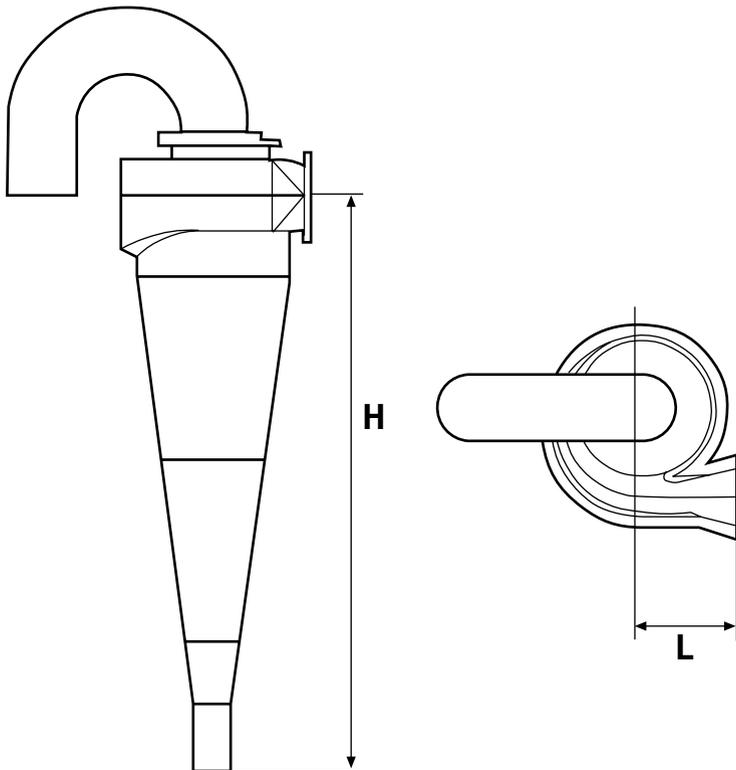
* TS 202 = 2 ярусный, а TS 203 = 3 ярусный грохот

Грохот с мультинаклоном – с линейной вибрацией (дуговой)



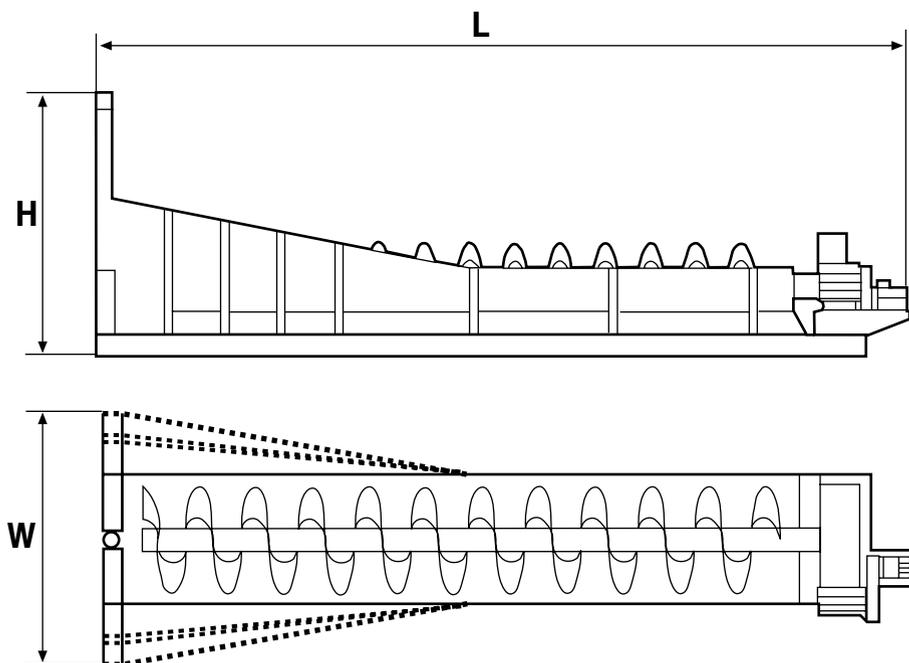
Модель	H мм (дюйм)	L мм (дюйм)	W мм (дюйм)	Мощность двигателя кВт/л.с.	Вес тонн
MF 1800x6100 1d	2 703 (107)	6 430 (253)	2 555 (101)	22/30	6,7
MF 2400x6100 1d	2 691 (106)	6 431 (253)	3 166 (125)	30/40	8,5
MF 3000x6100 1d	2 897 (114)	6 614 (260)	3 774 (149)	45/60	11,5
MF 3000x6100 2d	4 347 (171)	6 759 (266)	3 774 (149)	45/60	17,0

Гидроциклон



Диаметр мм (дюйм)	H мм (дюйм)	L мм (дюйм)	Вес кг (фунт)
40 (1.6)	610 (24)	150 (6)	2 (4,4)
65 (2.6)	1 130 (45)	150 (6)	9 (20)
100 (4)	1 220 (48)	278 (11)	14 (30)
165 (6.5)	1 690 (67)	240 (9)	31 (68)
250 (10)	1 512 (60)	390 (15)	77 (170)
350 (14)	1 990 (78)	500 (20)	140 (309)
420 (17)	2 140 (84)	400 (16)	-
500 (20)	2 280 (90)	435 (17)	-
600 (24)	2 420 (95)	432 (17)	-
750 (30)	3 060 (120)	500 (20)	-

Спиральные классификаторы Simplex



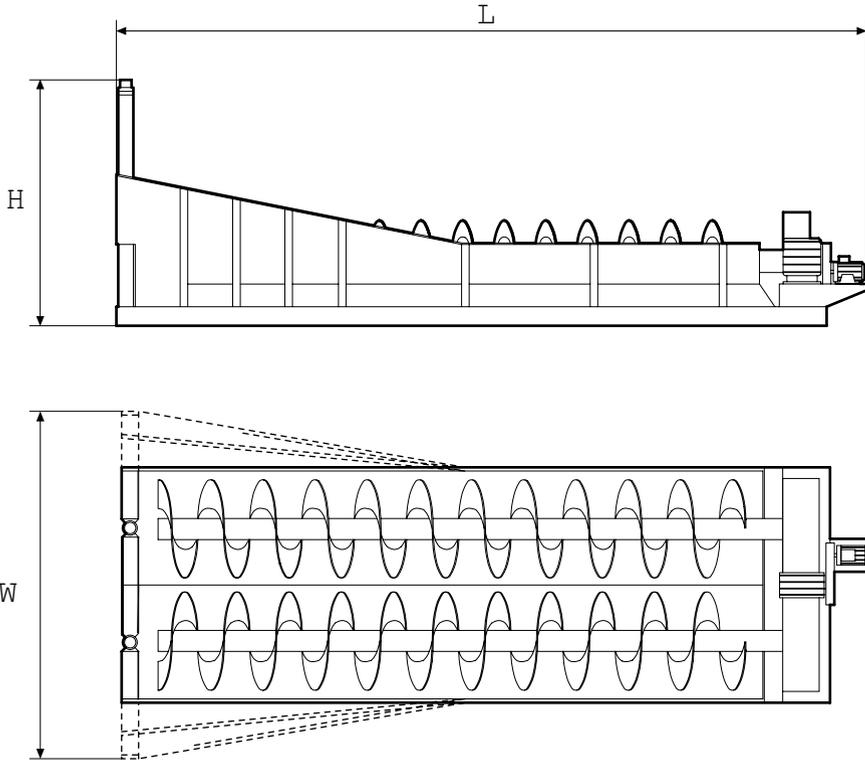
Модель	Н мм (дюйм)	Лмм (дюйм)	W мм (дюйм) ST	Wмм (дюйм) MF	W мм (дюйм) FF	Вес тонн	Мощность (макс.) кВт/л.с.
60	1 557 (61)	5 578 (220)	711 (28)	1 092 (43)	1 534 (60)	2,0	2.2/3
75	1 862 (73)	6 416 (253)	864 (34)	1 340 (53)	1 890 (74)	2,6	2.2/3
90	2 172 (86)	8 037 (316)	1 042 (41)	1 613 (64)	2 273 (90)	3,9	4.0/5
120	2 431 (96)	9 837 (387)	1 347 (53)	2 093 (82)	3 004 (118)	6,9	7.5/10
150	2 888 (114)	11 438 (450)	1 677 (66)	2 540 (100)	3 744 (147)	13,3	15/20
200	4 082 (161)	14 209 (559)	2 135 (84)	3 470 (137)	5 052 (199)	22,6	22/30
220	4 643 (183)	15 484 (610)	2 287 (90)	3 533 (139)	5 159 (203)	30,7	22/30

ST=Прямой борт

MF= Расширенный борт

FF= Максимально расширенный борт

Спиральные классификаторы Duplex



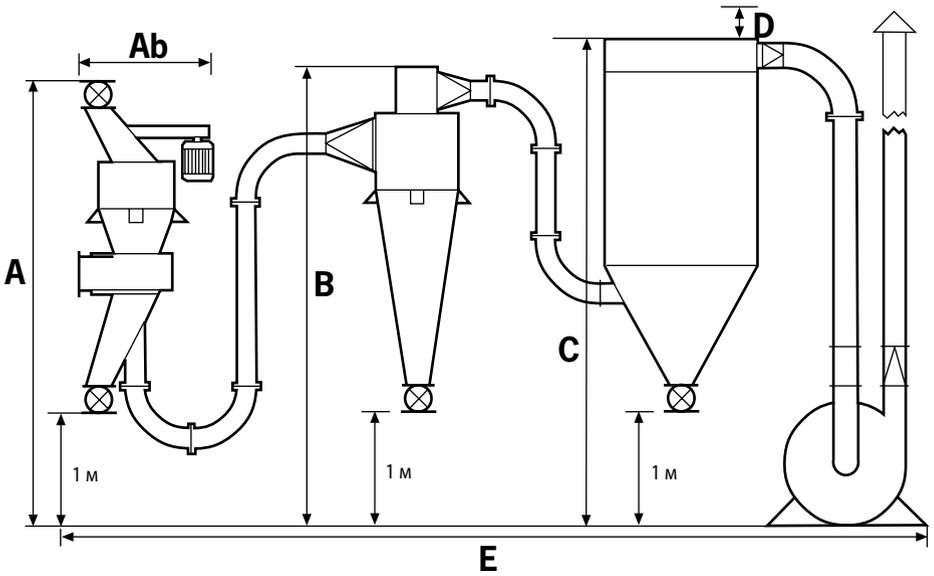
Модель	H мм (дюйм)	Lмм (дюйм)	W мм (дюйм) ST	Wмм (дюйм) MF	W мм (дюйм) FF	Вес тонн	Мощность (макс.) кВт/л.с.
60	1 557 (61)	6 111 (241)	711 (28)	1 092 (43)	1 534 (60)	2,2	2.2/3
75	1 862 (73)	7 203 (284)	864 (34)	1 340 (53)	1 890 (74)	2,9	2.2/3
90	2 172 (86)	8 799 (346)	1 042 (41)	1 613 (64)	2 273 (90)	4,1	4.0/5
150	2 888 (114)	12 758 (502)	1 677 (66)	2 540 (100)	3 744 (147)	15,0	15/30
200	4 082 (161)	14 599 (575)	2 135 (84)	3 470 (137)	5 052 (199)	24,4	22/30
220	4 643 (183)	16 398 (646)	2 287 (90)	3 533 (139)	5 159 (203)	32,4	22/30

ST=Прямой борт

MF= Расширенный борт

FF= Максимально расширенный борт

Система сухой классификации – Delta Sizer



Классификация

Модель (дюйм)	A мм (дюйм)	Ab мм (дюйм)	B мм (дюйм)	C мм	D мм (дюйм) (выемка мешка)	E мм (дюйм)	Ширина общая
DS 2	1 700 (67)	850 (33)	3 000 (118)	4 500 (177)	2 100 (83)	5 000 (197)	1 600/63
DS 4	2 600 (102)	1 010 (40)	3 400 (134)	5 500 (217)	2 700 (106)	7 000 (276)	1 800/71
DS 8	3 400 (134)	1 430 (56)	4 000 (157)	6 500 (256)	3 100 (122)	8 500 (335)	2 700/106
DS 16	4 500 (177)	2 030 (80)	4 500 (177)	7 000 (276)	3 200 (126)	11 000 (433)	2 600/103
DS 32	5 900 (232)	2 620 (103)	6 000 (236)	8 400 (331)	3 200 (126)	13 000 (512)	3 500/138

Обогащение - Введение

Под обогащением понимается процесс получения кондиционных концентратов или увеличения ценности нерудного каменного материала за счет удаления пустой породы путем

- **Промывки**, в основном используемой при обогащении промышленных минералов, углей, каменного материала, песка и гравия, как правило, когда ценный компонент имеет вид сплошной породы. (крупность = 1 мм и крупнее)



- **Сепарации**, в основном используемой при обогащении минералов металлов и высокоценных промышленных минералов, как правило, когда ценный компонент имеет форму высвобожденных зерен (крупность = 1 мм и **мельче**)



Обогащение - Процессы

Промывка с использованием

Корытных моек
Промывочных грохотов
Сепараторов Aquamator
Барабанных скрубберов
Оттирочных скрубберов
(все процессы мокрые)

Сепарация

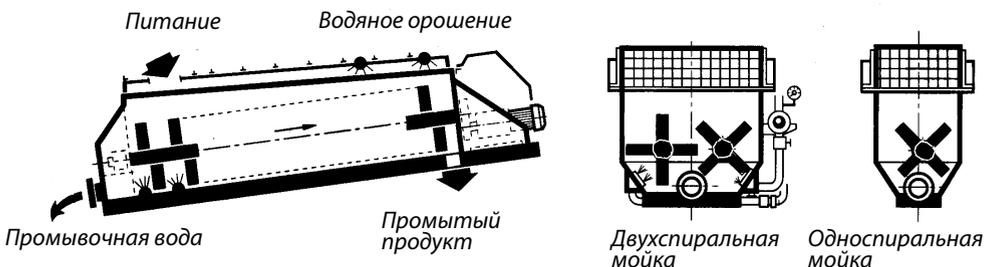
Гравитационная (мокр.)
Магнитная (сух. и мокр.)
Путем флотации (мокр.)
Выщелачиванием (мокр.)

Промывка

Корытные мойки

Односпиральные и двухспиральные корытные мойки используются для промывки гравия. Исходный материал подается на дно корыта и транспортируется вверх лопастями, расположенными по винтовой линии, чему способствует трение между зернами материала. Сток, в виде пульпы, удаляется через сливной порог.

Типичная производительность 40 –350 т/ч (для двухспирального исполнения), дополнительно см. страницы 5:45 и 5:46.



Обогащение

Промывочные грохоты

Водяное орошение может использоваться для промывки материалов на грохоте независимо от размера отверстий просеивающей среды. Если размер отверстий 20 мм и менее, то водяное орошение увеличивает производительность (обратно пропорционально размеру отверстий).

Требования к воде (типичные) м³/ч при низком (3-6 бар) и высоком (выше 70 бар) давлении:

	Низкое	Высокое
Песок и гравий	1.0	0.8
Каменный материал (твердый)	0.5	0.4
На рудниках - сырая руда 0.5	0.4	
Вторичная переработка (бетон)	0.2	0.15

Типичная производительность приведена на стр. 4:3.

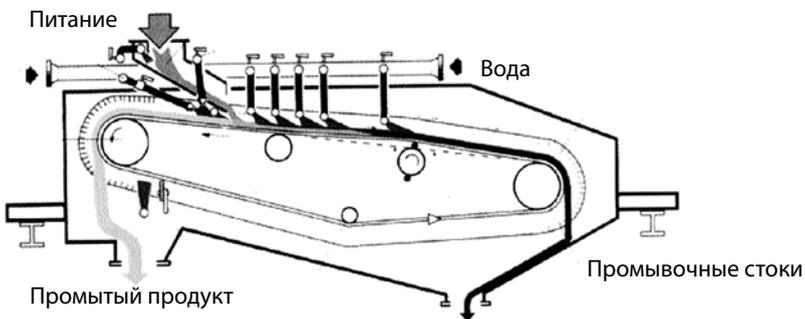


Сепаратор мина Aquamator

Сепаратор Aquamator разработан для эффективной промывки отходов материалов пониженной плотности, таких как уголь, дерево и т.п. Используется главным образом для гравия, каменной крошки и бутового камня. Вода и питание образуют постель с достаточно высокой плотностью (SG от 1.2 до 1.6), которая позволяет легкому материалу всплывать.

Типичная крупность питания + 2 мм до 32 мм. (9 меш – 1.3")

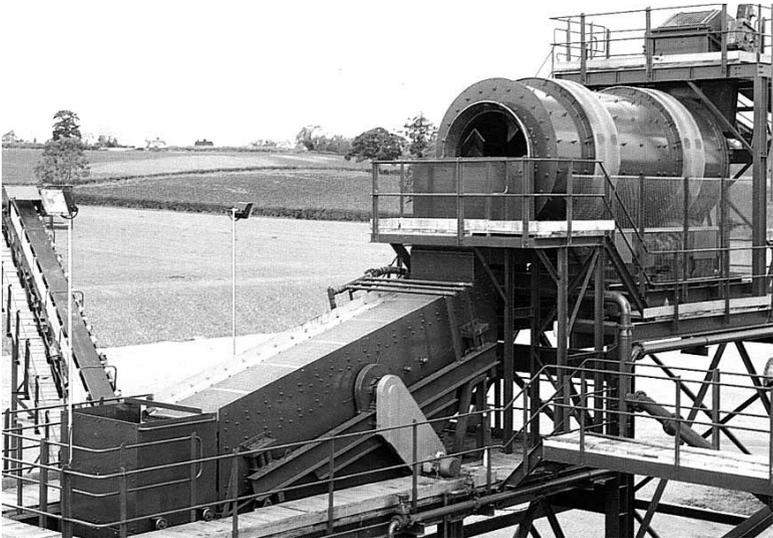
Типичная производительность 10-180 т/ч (твердого), дополнительно см. стр. 5:47.



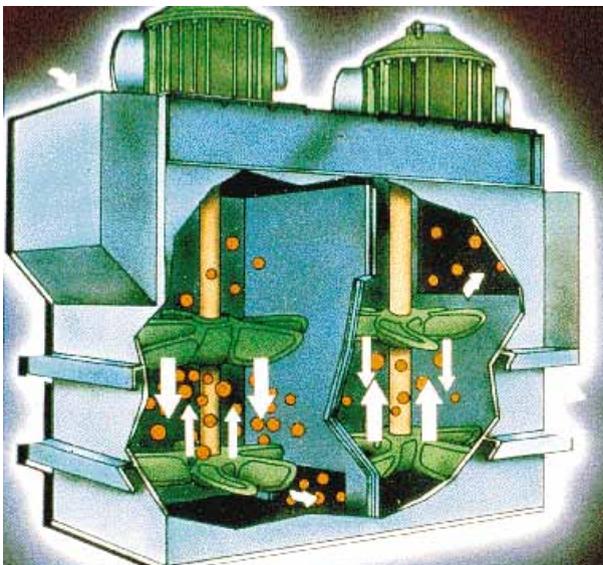
Сепаратор Hydrobelt работает на том же принципе, что и Aquamator, однако, предназначен для работы с песком вплоть до микронной крупности. Типичная производительность 80-225 т/ч, дополнительно см. стр. 5:47.

Баранный скруббер

Если обрабатываемая руда или гравий содержат большое количество глинистой фракции, которую необходимо удалить, мокрое грохочение обычно малоэффективно. В этом случае можно использовать промывочный барабан с умеренной скоростью вращения, в котором происходит взаимное трение зерен твердых фракций. По сравнению с диаметром длина барабана относительно невелика. Требования к количеству воды на тонну материала такие же, как и для мокрого грохочения. Типичная производительность 8-120 т/ч, дополнительно, см. материал на стр. 5:49.

**Оттирочный скруббер**

Этот вид скрубберов обычно используется для промывки материалов крупностью менее 10 мм. В скруббере возможно создание очень большой энергии для промывки кварцевого песка для производства стекла и очистки литейного песка. Машина также подходит для перемешивания глины с водой и гашения извести, дополнительно, см. материал на стр. 8:26 и 8:38.



Обогащение

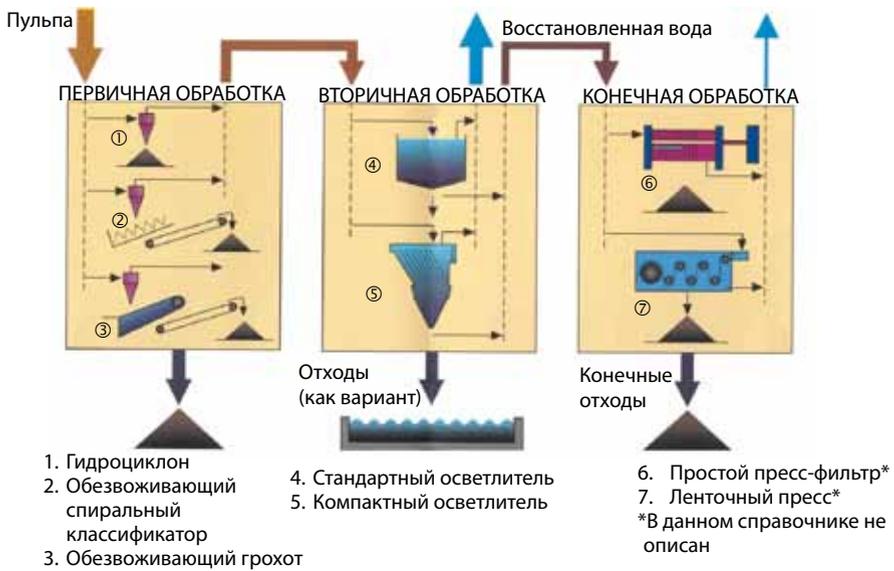
Обработка промывочной воды

Общие сведения

Все операции промывки обычно потребляют много дорогостоящей воды. Дорогостоящей не только в смысле ее исходной цены, но потому, что она содержит массу стоков промывки с крупным и мелким материалом. Эту воду и стоки необходимо подвергать обработке, частично для того, чтобы извлечь какое-то количество полезных минералов (крупный материал и вода), частично, чтобы защитить окружающую среду от загрязнения (шламовые фракции) Сегодня, большинство операций промывки должно быть оснащено системами для такой обработки.

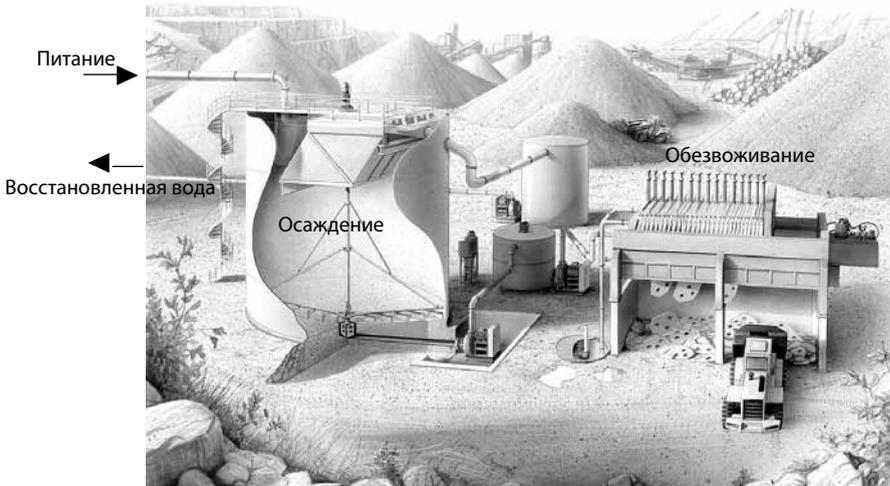
Стадии обработки воды

В зависимости от местных условий и ограничений, могут потребоваться одна, две или три стадии обработки, см. ниже



Обработка промывочной воды - замкнутая система.

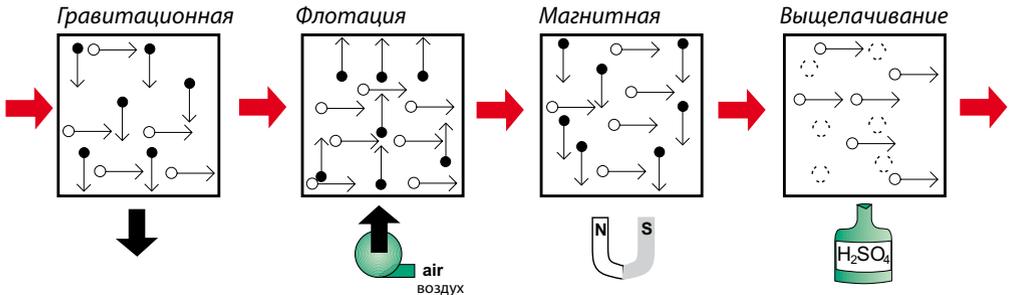
После извлечения крупных фракций, мелкие можно обрабатывать в замкнутой системе, извлекая всю технологическую воду, и переводя мелкие твердые фракции в транспортабельную форму.



Дополнительную информацию см. в разделе 6!

Сепарация - Введение

После высвобождения всех отдельных минералов, содержащихся во вмещающей породе или руде, либо путем измельчения, либо естественным путем (морские пески и т.п.), их можно разделить индивидуально. В зависимости от их поведения, применяются различные технологии. Ниже описываются классические методы сепарации.



Гравитационная сепарация

Если два минерала или две фракции нерудного материала обладают некоторым различием в плотности, то, пользуясь этим различием, их можно разделить. Сепарация за счет силы тяжести, включает в себя два различных способа.

- Разделение в воде (Гравитационное обогащение)
- Разделение в среде большой плотности (Тяжелосредная сепарация, ТСС)
Формула для сепарации в воде следующая:

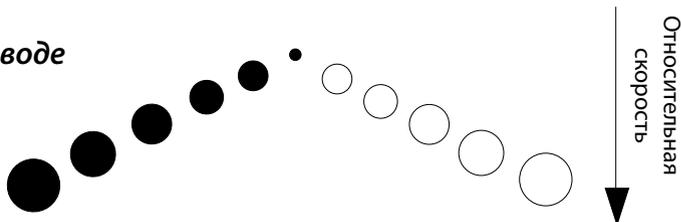
Критерий разделения по плотности (Dd) = D (тяжелого минерала)-1) / D (легкого минерала)-1)

Для тяжелосредной сепарации формула следующая:

Dd = D (тяжелого минерала) - D (среды большой плотности) / D (легкого минерала) - D (среды большой плотности)

Значение Dd	Разделение	Комментарии
+ 2,50	легкое	для крупности -100 микрон и ниже
1,75 – 2,50	возможно	для крупности не менее 150 микрон
1,50 – 1,75	трудно	для крупности не менее 1700 микрон
1,25 – 1,50	очень трудно	только для песка и гравия, см. промывку 5:2
< 1,25	невозможно	

Разделение в воде



Оборудование	Диапазон крупности зерен	Типичное применение
Отсадочные машины (угольн.)	40 – 200 мм (1,6 - 8")	Уголь
Отсадочные машины (минерал.)	75 μм - 6 мм (31/2 меш)	Золото, хромит, галенит
Винтовые сепараторы	75 μм - 1,0 мм лигхт (16 меш)	Уголь, морской песок, железо
	75 μм - 0,5 мм тяжелый (32 меш)	Касситерит
Концентрационные столы	50 μм 2 мм (9 меш)	Олово, медь, золото, свинец, цинк, вольфрам

Обогащение

Разделение в отсадочных машинах

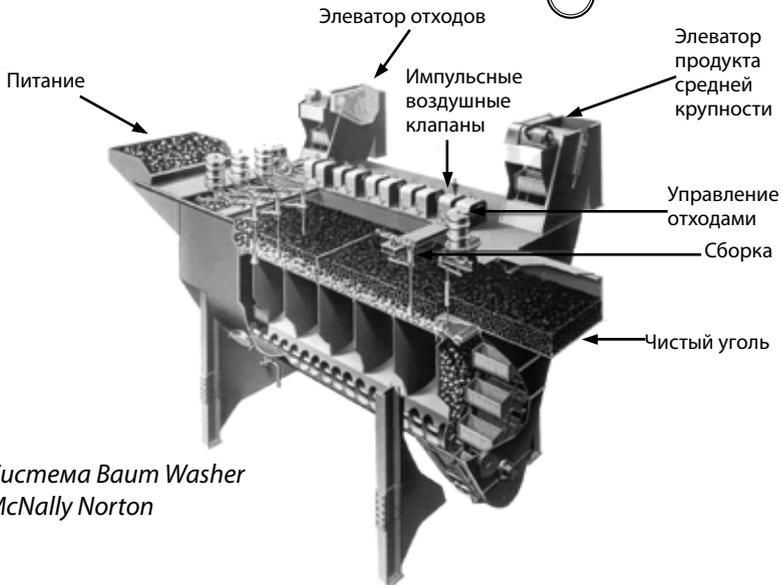
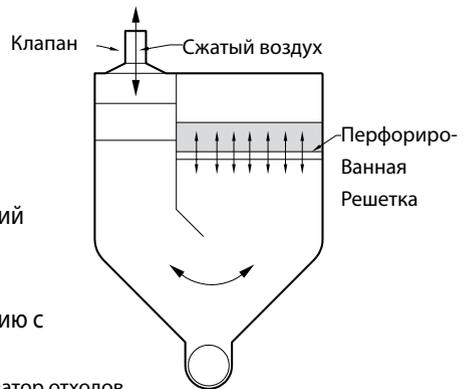
При работе отсадочной машины имеют место два процесса. Первый из них это осаждение частиц при их стесненном падении, отличающийся тем, что более тяжелые частицы оседают быстрее, чем легкие. Второй - это процесс сепарации в восходящем потоке воды, при котором происходит разделение частиц по их плотности.

В отсадочной машине эти два процесса идут совместно, благодаря пульсирующему движению пульпы, которое создается механически или при помощи воздуха.

Угольные отсадочные машины (типа Baum)

Подходят для крупного питания, с диапазоном крупности, максимум 175 - 200 мм (7 - 8 дюймов), минимум 40 - 60 мм (1.5 - 2.5 дюйма).

- Воздушно-пульсационная
- Два или три продукта
- Автоматическая разгрузка
- Модульная конструкция, площадь минеральной постели и конструкция элеваторов соответствуют типу условий работы.
- Рассчитана для обработки больших порций тяжелой фракции по сравнению с минеральной отсадочной машиной.



Система Baum Washer
McNally Norton

Угольные отсадочные машины - типоразмеры

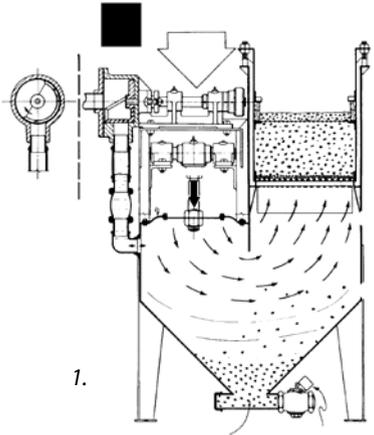
Тип* (м)	(фут)	Число камер	Полезная площадь решет (м ²)	(фут ²)	Подача питания (т/ч)
2,0	6,7	3 - 9	6,1 - 18,3	66 - 197	260
2,4	7,9	4 - 9	8,4 - 20,4	90 - 219	315
3,0	9,8	6 - 11	16,5 - 31,5	178 - 339	390
3,6	11,8	6 - 11	19,8 - 37,8	213 - 407	470
4,2	13,8	7 - 11	27,3 - 44,1	294 - 474	550

*Тип указывает ширину минеральной постели решета

Минеральная отсадочная машина (mina Denver)

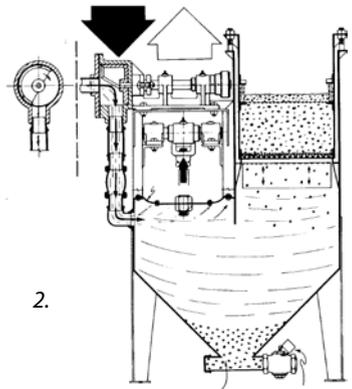
Подходит для питания крупностью -6 мм (3 меш), преимущественно, для отсадки «через постель».

- Одинарное (Simplex) или вдвоенное (Duplex) исполнение
- Для тяжелых условий работы - долговечная диафрагма
- Синхронизируемый водяной клапан
- Переменная величина хода
- С правым или левым расположением



Принцип действия

1. Во время «прямого хода» постель из разрыхленных зерен перестраивается и
 - более легкие зерна перемещаются наверх постели
 - зерна тяжелее перемещаются вниз постели
2. Во время «обратного хода» сепарирующая постель находится в покое (заперта) и тяжелые зерна затягиваются вниз, через постель в зону концентрата.



Типоразмеры

Тип*	Площадь постели		Расход носителя (воды)	
	(м ²)	(фут ²)	(м ³ /ч)	(US гал/мин)
Simplex 4x6	0,02	0,17	0,1-0,3	0,4 - 1,3
Simplex 8x12	0,06	0,67	0,5-0,8	2,2 - 3,5
Simplex 12x18	0,14	1,50	1,3-2	5,7 - 8,7
Simplex 16x24	0,25	2,67	1,5-3	6,6 - 13,2
Simplex 24x36	0,56	6,00	5-7	22 - 31
Duplex 8x12	0,12	1,33	1-1,5	4,4 - 6,6
Duplex 12x18	0,28	3,00	2-4	8,8 - 17,6
Duplex 16x24	0,80	5,33	3-5	13,2 - 22
Duplex 24x36	1,12	12,00	9-14	40 - 61

* тип указывает на ширину и длину минеральной постели (в дюймах)

Обычно, производительность отсадочной машины выражается через площадь минеральной постели в т/ч твердого на м².

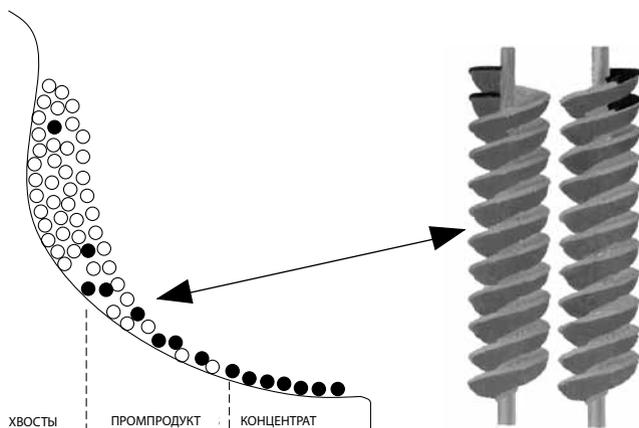
Тяжелые минералы

Производительность	(т/ч/м ²)	(кор.тонн/сутки/фут ²)
Сфалерит	1,8 - 3,6	4 - 8
Пирит	2,7 - 5,4	6 - 12
Галенит	3,6 - 7,2	8 - 16
Золото (открытый цикл)	13,4 - 20,2	30 - 45
Золото (замкнутый цикл)	15,7 - 21,4	35 - 70

Разделение при помощи винтовых сепараторов

В винтовых (спиральных) сепараторах для разделения частиц различной плотности используется сила тяжести. Их не следует путать со спиральными классификаторами, в которых обычно происходит разделение частиц различной крупности, см. раздел 4.

Винтовой сепаратор состоит из одного или нескольких спиральных лотков, поддерживаемых центральной колонной. Когда пульпа движется вниз по спирали, частицы высокой и низкой плотности стратифицируются, и в конце спирали разделяются регулируемыми разделителями.



Поперечное сечение винтового сепаратора

Конструкция

Сепараторы с однозаходной, двухзаходной и трехзаходной спиралью. Три, пять или семь витков (угол подъема спирали 18° или 21°)

Сепарация

Значения Dd, см. 5:4

- 2.0 Высокоэффективная сепарация, например, минеральных песков
- 1.5 Эффективная сепарация, например, углей
- 1.1 Малоэффективная сепарация, например, алмазов

Выбор типоразмера – для тяжелых минералов

Типично: 1300 кг/ч на заход. 30% твердого w/w. Объем пульпы 3,5 м³/ч (15.4 US гал/мин)
Спираль выбирают в зависимости от процентного содержания тяжелого минерала (плотностью выше 2.9) в питании.

% тяж. минерала	Рекомендуемая спираль
0-20	7 витков, угол подъема 18°
10-30	5 витков, угол подъема 18°
20-80	5 витков, угол подъема 21°
60 100	3 витков, угол подъема 21°

Выбор типоразмера - для углей

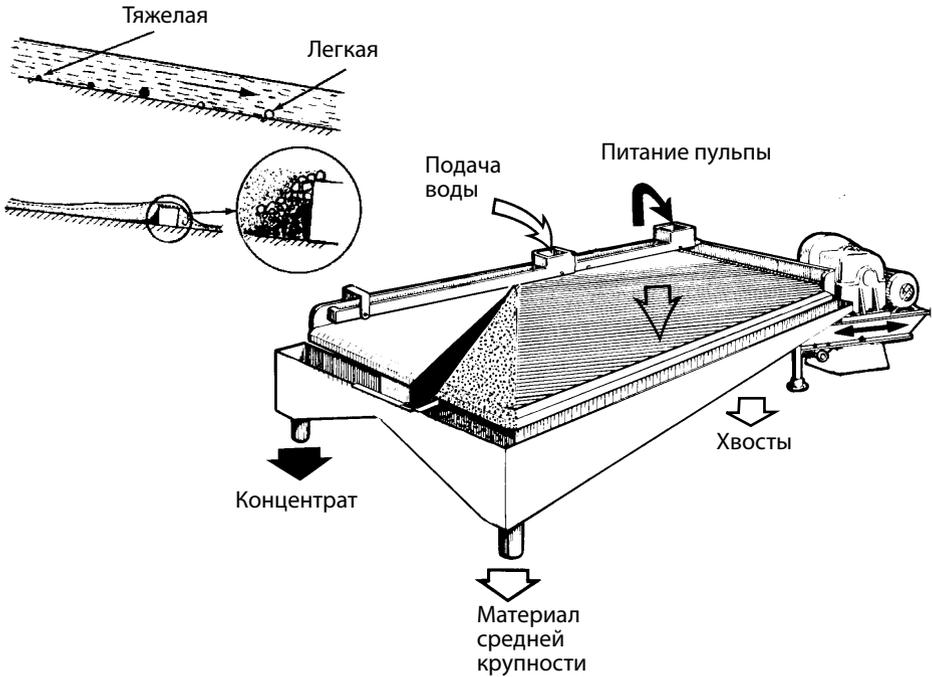
Диаметр спирали 1000 мм, диапазон крупности: 1,0мм – 0,1мм
Типично: 3200 кг/ч на заход, 35% твердого w/w. объем пульпы 8 м³/ч (35 US гал/мин)

Винтовые сепараторы - применение

Антрацит	Коксовая мелочь	Железная руда
Морской песок	Феррохром	Фосфаты
Сажа/песок	Золото/сажа	Рутил
Касситерит	Золотой песок (вторичн.обработ.)	Промывка почвы
Уголь	Графит	Цирконий

Разделение посредством концентрационных столов

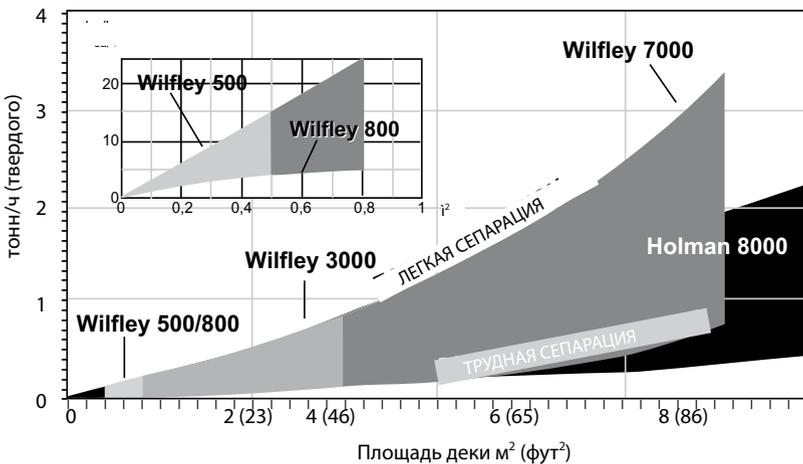
Поперечный поток воды транспортирует материал по рифленому столу, рифление которого перпендикулярно направлению питания. Частицы собираются на рифленой поверхности, и в результате сегрегации тяжелые частицы опускаются на дно. Легкие частицы, проходя поверх рифленой поверхности, транспортируются к зоне хвостов. Возвратно-поступательное движение стола транспортирует тяжелые частицы вдоль нарифления в зону разгрузки концентрата.



Обогащение

Типоразмеры столов (Wilfley, Holman)

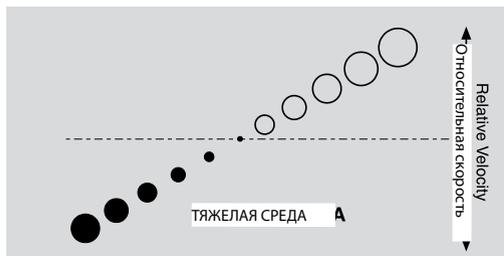
Стол	Площадь	Применение
H8000	7,9м2 (85фут ²)	Задачи очистки, сложные случаи сепарации
W7000	7,0м2 (75 фут ²)	Более грубые задачи, высокая производительность сепарации
W3000	3,3м2 (34 фут ²)	Опытные установки
W800/500	0,8/0.5м2 (9/5 фут ²)	Опробывание продукта в лабораториях и на промплощадке



Обогащение в тяжелых средах

При гравитационной сепарации для разделения зерен используется скорость осаждения различных частиц в воде. На эффективность сепарации влияют все факторы: крупность частиц, форма и плотность.

Тяжелосредное обогащение (ТСС) протекает в жидкой среде, плотность которой лежит между плотностью легкой фракции и плотностью тяжелой фракции, которые подлежат разделению.



ТСС – Тяжелые жидкие среды

Тяжелая среда	Плотность
Песок с водой	1.2 – 1.6
Мелкий (- 50 микрон или 270 меш) магнетит с водой	1.6 – 2.5
Размельченный ферросилиций с водой	2.4 – 3.5
“Тяжелые жидкости” для лабораторного опробования	1.5 – 3.5

Типичные аппараты для проведения ТСС

- Статический барабанный сепаратор
- Колесный сепаратор Drewboy
- Динамические сепараторы “Dyna Whirlpool” или “Tri-Flow”
- Тяжелосредный циклон

Сепараторы для ТСС

Барабанный сепаратор

Множество применений для ТСС минералов

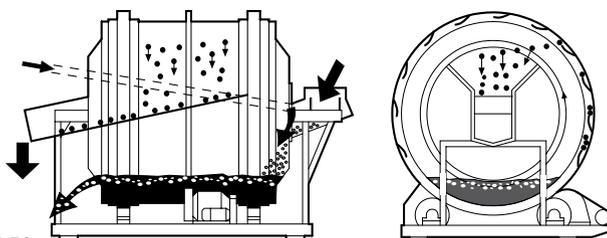
Диапазон размеров зерен
6-200 мм (1/4” – 8”)

Прост и надежен

Невысокая подача
утяжелителя

Макс.плотность
тяжелой среды =3.5

Характеристики, см. на стр. 5:50



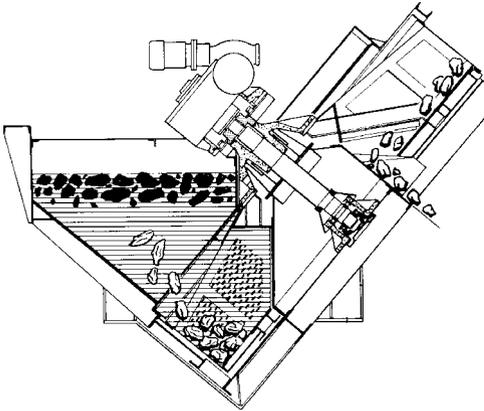
Типоразмеры

Барабан (м)	Барабан (фут)	Производительность по питанию т/ч
1,8 x 1,8	6 x 6	15 - 30
2,4 x 2,4	8 x 8	30 - 70
3,0 x 3,0	10 x 10	70 - 140
3,6 x 3,6	12 x 12	140 - 250

Колесный сепаратор Drewboy

- Главным образом, для обогащения углей
- Диапазон крупности зерен 6-1200 мм (1/4"-48")
- Высокая производительность по крупной фракции 300 т/ч
- Невысокая подача утяжелителя
- Макс. плотность (S.G.) тяжелой среды 3.5

Характеристики, см. стр. 5:51.



Типоразмеры

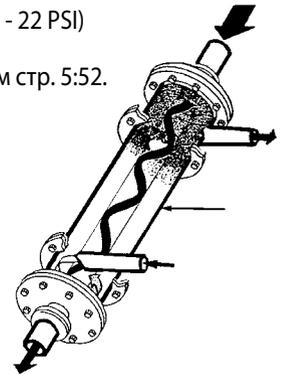
Drewboy		Dyna Whirlpool	
Размер*м (фут)	Производительность по питанию т/ч	Модель **	Производительность по питанию т/ч
1,2 (4,0)	200 - 350	DWP9	10 - 20
1,6 (5,0)	210 - 385	DWP12	20 - 35
2,0 (6,5)	225-425	DWP15	35-55
2,6 (8,5)	305 - 565	DWP18	55 - 75
3,2 (10,5)	405-665		
4,0 (13,0)	500-820		

*Указывает внутреннюю ширину ванны **Указывает внутренний диаметр в дюймах

Сепаратор Dyna Whirlpool

- Для любых видов ТСС
- Уклон для обогащения минералов 25 градусов
- Уклон для обогащения углей 15 градусов
- Диапазон крупности зерен 0.3-30 мм (50 меш - 11/4")
- Производительность 10-75 т/ч на агрегат
- Могут соединяться последовательно с различными плотностями разделения
- Макс. плотность тяжелой среды (S.G.) 3.5
- Давление питания 100-150 кПа (14 - 22 PSI)

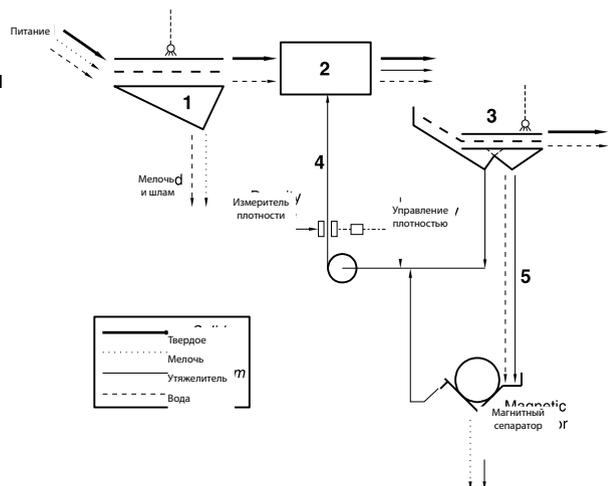
Характеристики, см стр. 5:52.



Обогащение

Схема ТСС

1. Грохоты подготовки питания (для удаления мелочи)
2. Сепаратор ТСС (см. ниже)
3. Грохот ТСС (операции дренирования и промывки)
4. Циркулирующая суспензия
5. Циркулирующая разбавленная суспензия



Обогащение

ТСС – Области применения

Уголь	Олово
Алмазы	Марганец
Железная руда	Фосфаты
Хромит	Скрап
Флуорит	

Во многих случаях тяжелосреднее обогащение используется для «предварительного концентрирования», например, для удаления материала в отвал перед дальнейшей обработкой (обычно, между дроблением и измельчением).

Схемы ТСС – Определение типоразмеров

Системы ТСС необходимо приспособлять к каждому конкретному случаю. Для грубой оценки можно воспользоваться нижеприведенными цифрами.

1. Грохоты подготовки питания

Грохоты должны быть горизонтальными, вибрационного типа («Low Head»), и иметь ширину, определяемую крупностью зерен, плотностью твердого и количеством мелочи. При выборе грохотов руководствуйтесь следующей таблицей.

Крупность зерен мм (дюйм)	Производительность/Ширина грохота	
	т/ч x м	т/ч x фут
6 - 100 (1/4 - 4)	90	30
6 - 30 (1/4 - 1 1/4)	50	17
0.5 - 10 (35 меш - 3/8")	20	7

Длина грохота должна быть, приблизит. 4 м (13 фут) для крупного питания (> 6 мм) (1/4"), и 4.5 - 6 м (15 - 20 фут) для более мелкого питания (< 6 мм) (1/4"), при этом все это относится к менее крупным установкам (с производительностью 15-35 т/ч).

2. Удельный объем подачи утяжелителя

1.7 м³/т (450 US гал/т) сухого твердого для систем с барабанным сепаратором.
4.0 м³/т (1050 US гал/т) сухого твердого для систем с Дуна Wirlpool (DWP).

3. Потери утяжелителя

Для крупного питания (> 6 мм, 1/4") 100 г/тонну твердого
Для мелкого питания (< 6 мм, 1/4") 150-300 г/тонну твердого
в зависимости от пористости материала.

4. Магнитный сепаратор

Размер магнитного сепаратора можно грубо оценить исходя из цифры 3.5 м³ (900 US гал.) разбавленного утяжелителя на тонну твердого в питании. Производительность магнитных сепараторов см. в разделе «Магнитная сепарация», 5:25-26.

5. Грохоты с водяным орошением

Ширина этих грохотов зависит от количества воды, используемой для орошения (= питанию магнитного сепаратора), и от распределения тяжелой/легкой фракций.

Для производительности 15-35 т/ч возьмите ширину 4,5 м. (15 фут)

Для производительности 35-100 т/ч возьмите ширину 6,0 м. (20 фут)

Длина грохота варьирует в зависимости от производительности и крупности зерен.

Возьмите длину 4,8 м для зерен крупностью + 6 мм (16 фут для +1/4")

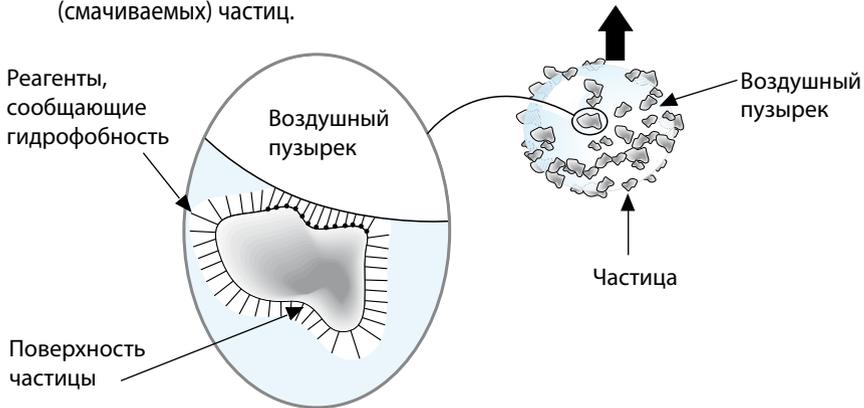
Возьмите длину 6,0 м для зерен крупностью + 1 мм (20 фут для + 15 меш).

Сепарация посредством флотации

Флотация это процесс разделения минералов, протекающий в водно-минеральной пульпе.

Процесс основан на различной смачиваемости поверхности материалов.

Гидрофобные частицы закрепляются на воздушных пузырьках, вводимых в пульпу, и переносятся в слой пены над пульпой, и таким образом отделяются от гидрофильных (смачиваемых) частиц.



Помимо добавляемых реагентов, процесс флотации зависит от двух основных параметров

- **Времени пребывания пульпы в операции**, необходимого для совершения процесса разделения (время флотации), и определяющего объем и потребное число флотационных камер.
- **Перемешивания и аэрации**, необходимых для создания оптимальных условий флотации, и определяющих механизм флотации и необходимый расход энергии.

Размер камер – длина батарей

Так как флотация связана со временем пребывания материала в операции, у нас есть две альтернативные возможности строить:

- **Длинные батареи из небольших камер**
- **Короткие батареи из меньшего числа крупных камер**

Первый вариант представляет собой более консервативный подход и находит применение при обработке малых и средних объемов материала. Использование большего числа небольших камер во флотации означает:

- **Снижение эффекта короткого замыкания процесса**
- **Улучшение металлургического контроля**
- **Большой процент извлечения**

Вторая альтернатива становится более приемлемой для обработки больших объемов материала с использованием флотационных машин с большим индивидуальным объемом. Современное флотационное оборудование дает возможность использовать крупные камеры и строить более короткие цепи.

- **Эффективная картина течения пульпы снижает эффект короткого замыкания процесса**
- **Усовершенствованные встроенные анализаторы будут поддерживать хороший металлургический контроль**
- **Меньший объем технического обслуживания**
- **Меньший расход энергии на единицу объема пульпы**
- **Меньше общие затраты**

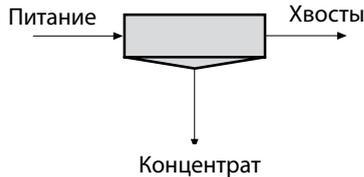
Выбор размера камеры производят на основе наибольшего объема индивидуальной камеры, который будет давать требуемый полный объем флотации при приемлемом числе камер в батарее. Далее в разделе

Схемы флотации

Схемы флотации различаются по сложности, что зависит главным образом от типа минерала, степени раскрытия полезных минералов, сорта (степени чистоты) продукта и от ценности самого продукта.

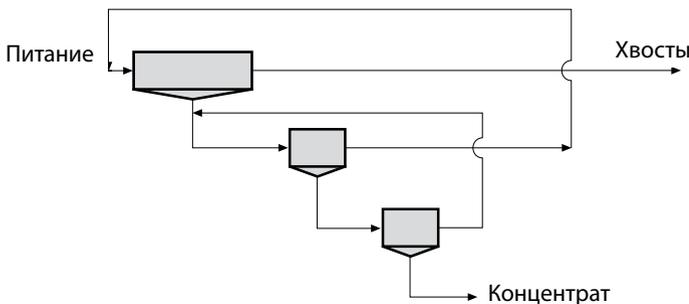
Простая схема (например, для обогащения угля)

Одностадийная флотация без очистки пены.



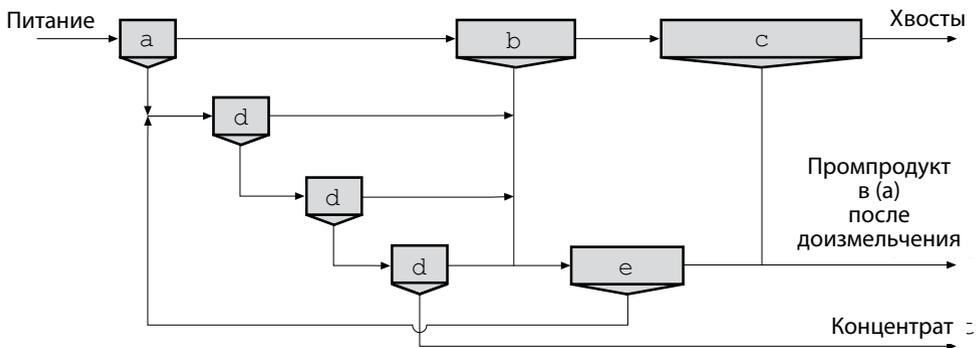
Употребительная схема (например, для свинцовых руд)

Одна основная флотация, две перечистные, без доизмельчения.



Сложная схема (например, для медных руд)

Две основные флотации (a, b), одна контрольная (c), три перечистные (d), перечистная флотационная камера (e), контрольная, доизмельчение.



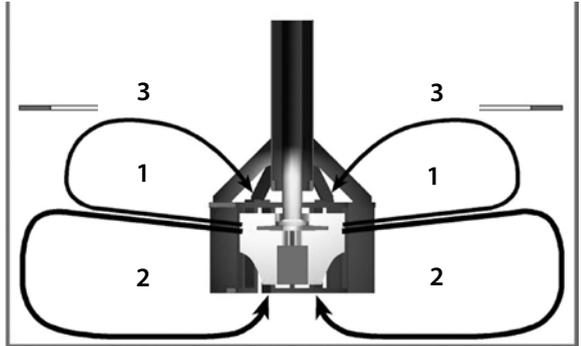
Обычно, камера первой основной флотации заключает в себе 10-40% всего объема основной флотации и дает концентрат с хорошим содержанием, но с умеренным извлечением. Камера второй основной флотации содержит 60-90% всего объема основной флотации и рассчитана на максимальное извлечение.

Камеры контрольной флотации имеют объем, равный общему объему камер основной флотации, и их включают в схему, когда требуется вести обработку особо ценных минералов с очень высоким процентом извлечения. Перечистные камеры используются для максимального увеличения содержания конечного концентрата. Типичное время пребывания пульпы в перечистной камере составляет 65-75% времени пребывания в камере основной флотации, и процент содержания твердого в пульпе ниже. Здесь, в батарее можно использовать меньше камер, нежели для основной флотации.

Флотационная система с реакторной камерой (RCS)

Во флотационной машине RCS™ («система с реакторной камерой») используется патентованный механизм DV™ («глубокая лопасть»). Особенности картины течения пульпы в машине следующие:

- Мощные радиальные потоки пульпы к стенкам чана (1).
- Первичный возвратный поток к нижней стороне импеллера (2).
- Вторичная верхняя рециркуляция (3).



Улучшению флотации способствует:

- Максимум контактов частиц с пузырьками внутри механизма и чана.
- Эффективное образование взвеси твердой фракции во время работы и ее осаждение после выключения машины.
- Эффективное распределение пузырьков воздуха по всему объему камеры.

Особенности RCS™ (Системы с реакторной камерой):

- Активная нижняя зона для оптимального формирования взвеси твердой фракции и получения контакта частиц с пузырьками.
- Верхняя зона с уменьшенной турбулентностью, препятствующая отделению частиц от пузырьков.
- Спокойная поверхность пульпы в камере, чтобы свести к минимуму повторное вовлечение частиц в процесс.
- Круглый чан с низко расположенным входом и выходом пульпы, чтобы свести к минимуму возможность короткого замыкания потока пульпы.
- Размер камеры 3 – 200 м³ (105 - 7060 фут³)
- При объеме до 70 м³ - клиноременный привод . При объеме более 100 м³ - шестеренчатый привод . (Клиноременные приводы для камер большего объема по отдельному заказу)
- Автоматическое управление уровнем при помощи сферических клапанов.
- Отдельный источник воздуха низкого давления.
- Два внутренних желоба для съема пены с перекрестным течением или внутренние периферийные желоба с центральным коллектором
- Применение : Для большинства задач флотации руд минералов.

Характеристики, см. стр. 5:53.

Система с реакторной камерой (RCS) – Выбор типоразмера (метрич.)

Выбор размера и числа камер для каждой стадии схемы флотации (основная, перечистная и т.д.) производится в три этапа.

1. Определение общего объема флотационных камер

Общий требуемый объем флотационных камер вычисляются по формуле:

$$V_f = \frac{Q \times T_r \times S}{60 \times C_a}$$

V_f = Общий требуемый объем флотации (m^3)

Q = Производительность по питанию ($m^3/ч$)

T_r = Время флотации (минуты). Типичные значения для различных минералов приведены на следующей странице, кроме того время флотации может оговариваться заказчиком или определяться по результатам опробывания.

S = Масштабный коэффициент, зависящий от того, из какого источника взяты данные по времени флотации (см. выше)

T_r указано заказчиком $S = 1,0$

T_r взято из типичных данных по промышленности $S = 1,0$

T_r взято из данных опробывания постоянно действующей опытной установки $S = 1,0$

T_r взято из данных опробывания лабораторной масштабной модели $S = 1,6 - 2,6$

C_a = Коэффициент аэрации, учитывающий наличие воздуха в пульпе. 0,85, если не оговорено иное.

2. Выбор числа камер в батарее

В таблице на следующей странице приведено типичное число камер на батарею для стандартных задач флотации минералов. Чтобы вычислить объем (m^3) индивидуальной камеры, поделите вычисленное выше значение V_f на полученное из таблицы число камер. Убедитесь, что Q находится в границах расхода для выбранного размера камеры. Если необходимо, повторите выбор.

3. Выбор устройства батареи

Чтобы обеспечить гидравлический напор, необходимый для течения пульпы сквозь батарею, могут потребоваться промежуточные бункеры. На следующей странице приведено максимальное число камер в секции между промежуточными и разгрузочными бункерами. Для каждой батареи также потребуется питающий бункер и разгрузочный бункер.

Типичное обозначение батареи выглядит следующим образом: F-4-I-3-D, т.е. Питающий бункер (Feed), 4 камеры, промежуточный бункер (Intermediate), три камеры, разгрузочный (Discharge) бункер.

Выбор размера флотационной системы с реакторной камерой

Данные для стадий основной флотации следующие:

Минерал	% твердого в питании	Время флотации мин (нормальн.)	Число камер/батарея
Барит	30 -40	8 - 10	6 - 8
Медь	32 - 42	13 - 16	8 - 12
Флуорит	25 - 32	8 - 10	6 - 8
Полевой шпат	25 - 35	8 - 10	6 - 8
Свинец	25 - 35	6 - 8	6 - 8
Молибден	35 - 45	14 - 20	10 - 14
Никель	28 - 32	10 - 14	8 - 14
Фосфат	30 - 35	4 - 6	4 - 5
Поташ	25 - 35	4 - 6	4 - 6
Вольфрам	25 - 32	8 - 12	7 - 10
Цинк	25 - 32	8 - 12	6 - 8
Кварц (железн. руда)	40 - 50	8 - 10	8 - 10
Кварц (фосфат)	30 - 35	4 - 6	4 - 6
Песок (примесь)	30 -40	7 - 9	6 - 8
Уголь	4-12	4 - 6	4 - 5
Стоки	как получ.	6 - 12	4 - 6

Для перечистки процент твердого взять как 60% значения для основной флотации. Для перечистки время флотации приблизительно 65% времени основной флотации.

Данные для системы с реакторной камерой (метрич.) следующие:

	Максимальный объем флотомшины (м ³)	Скорость подачи питания (м ³ /час)	Максимальное количество камер на секцию ⁽¹⁾
RCS 3	3	240	4/5
RCS 5	5	320	4/5
RCS 10	10	540	4
RCS 15	15	730	4
RCS 20	20	870	4
RCS 30	30	1120	3
RCS 40	40	1360	3
RCS 50	50	1650	3
RCS 70	70	2040	2
RCS 100	100	2550	2
RCS 130	130	3050	2
RCS 160	160	3450	1
RCS 200	200	3990	1

Флотация в системе с реакторными камерами - Пример расчета

Требования:

Одиночная батарея для основной флотации. Флотация меди.

Производительность по пульпе питания 1400 м³/ч это RCS 50 (Максимально 1650 м³/ч). Время флотации 16 минут, определено по данным опробывания постоянно действующей опытной установки.

1. Определение общего объема флотационных камер

$$V_f = \frac{Q \times T_f \times S}{60 \times C_a} = \frac{1400 \times 16 \times 1}{60 \times 0.85} = 439 \text{ м}^3 \text{ общий объем батареи}$$

2. Выбор числа камер в батарее

Минимальный размер камеры для переработки 1400 м³/ч это RCS 40 (Диапазон 400 – 1600 м³/ч).

439 / 50 = 8.78 камер. Нормальным для медной руды является число камер 8 - 12, так что такой выбор правилен. Если бы это было не так, то следовало бы выбрать следующий размер камеры, соответственно, в большую или меньшую сторону.

Требуются камеры 9 x RCS 50. Общий объем 9 x 50 = 450 м³.

3. Выбор схемы построения батареи

Для RCS 50 максимальное число камер в одной секции равно 3. Таким образом, чтобы иметь 9 камер, выбираем следующее построение батареи.

RCS 50 F-3-I-3-I-3-D

Спецификации RCS

	Стандартный привод ⁽¹⁾	Объем камеры ⁽²⁾		Подключенный электродвигатель ⁽³⁾			Требования по воздуху ⁽⁴⁾		фунтов на кв. дюйм
		м ³	фут ³	кВт	л.с.	Ам ³ /мин	кПа м	куб. фут/мин	
RCS 3	VB	3	105	11	15	2	17	70	2,5
RCS 5	VB	5	175	15	20	3	19	110	2,8
RCS 10	VB	10	355	22	30	4	22	140	3,2
RCS 15	VB	15	530	30	40	6	25	210	3,6
RCS 20	VB	20	705	37	50	7	27	250	3,9
RCS 30	VB	30	1060	45	60	9	31	320	4,5
RCS 40	VB	40	1410	55	75	10	34	350	4,9
RCS 50	VB	50	1765	75	100	12	38	420	5,5
RCS 70	VB	70	2470	90	125	15	41	530	5,9
RCS 100	VB/GB	100	3530	110	150	19	47	670	6,8
RCS 130	VB/GB	130	4590	132	200	23	51	810	7,4
RCS 160	GB	160	5650	160	200/250	25	55	880	8,0
RCS 200	GB	200	7060	200	250	30	59	1060	8,6

(1) VB – подшипник шпинделя с клиноременным приводом

(2) GB – редуктор с клиноременным приводом

(3) Активный объем флотации На камеру для пульпы с удельным весом до 1,35. Если удельный вес пульпы больше, обратиться за консультацией в Metso.

(4) Активный объем флотации На камеру для пульпы с удельным весом до 1,35. Если удельный вес пульпы больше, обратиться за консультацией в Metso.

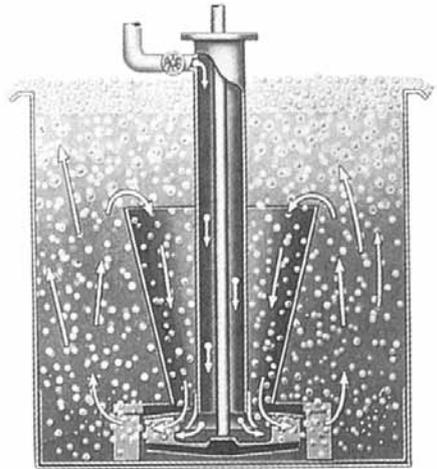
Требования по воздуху приведены на механизм флотации, и при подборе воздухоподушки следует учесть потери давления на участке от воздухоподушки до флотомашины.

Система флотационной камеры DR

Флотационная машина RCS является предпочтительным выбором для многих задач флотации руд минералов. Модель DR может быть рекомендована для определенных случаев, в особенности, когда приходится работать с обесшламленными крупными частицами, например, при производстве стекла и поташа. Особенности модели DR следующие:

Флотационная система модели DR

- Чан с открытым течением, с промежуточными и разгрузочными бункерами
- Близко расположенный ко дну импеллер/расширитель
- Отдельный источник воздуха низкого давления
- Управление уровнем при помощи слива и сферических клапанов (как вариант автоматическое)
- Рециркуляционный колодец
- Реверс направления вращения импеллера
- Максимальный размер камеры 14 м³
Характеристики см. на стр. 5:54.



DR – Спецификации

	Объем камеры ⁽¹⁾		Подключенный электродвигатель ⁽²⁾		Требования по воздуху ⁽³⁾			
	м ³	фут ³	кВт	л.с.	Ам ³ /мин	кПа м.	Acfm	psig
DR 15	0,34	12	2,2	3	0,4	7	15	1,0
DR 18Sp	0,71	25	4	5	0,7	9	25	1,3
DR 24	1,42	50	5,5	7,5	1,3	10	45	1,6
DR 100	2,83	100	11	15	2,3	10	80	1,6
DR 180	5,10	180	15	20	3,1	14	110	2,0
DR 300	8,50	300	22	30	4,5	18	160	2,6
DR 500	14,16	500	30	40	6,5	18	230	2,6

(1) Подшипник шпинделя с клиноременным приводом

(2) Активный объем флотации На камеру для пульпы с удельным весом до 1,35.
Если удельный вес пульпы больше, обратиться за консультацией в Metso.

(3) Активный объем флотации На камеру для пульпы с удельным весом до 1,35.
Если удельный вес пульпы больше, обратиться за консультацией в Metso.

Требования по воздуху приведены на механизм флотации, и при подборе воздуходувки следует учесть потери давления на участке от воздуходувки до флотомшины.

DR – Объемы камер и гидравлические мощности

Размер	Максимальный объем флотомшины		Максимальное количество камер на секцию
	Скорость подачи питания м ³ /час	ам.гал/мин	
DR15	25	110	15
DR18 sp	55	240	12
DR24	110	485	9
DR100	215	945	7
DR180	415	1 825	6
DR300	580	2 550	5
DR500	760	3 345	4

(1) Количество камер на одном уровне между соединительными карманами.

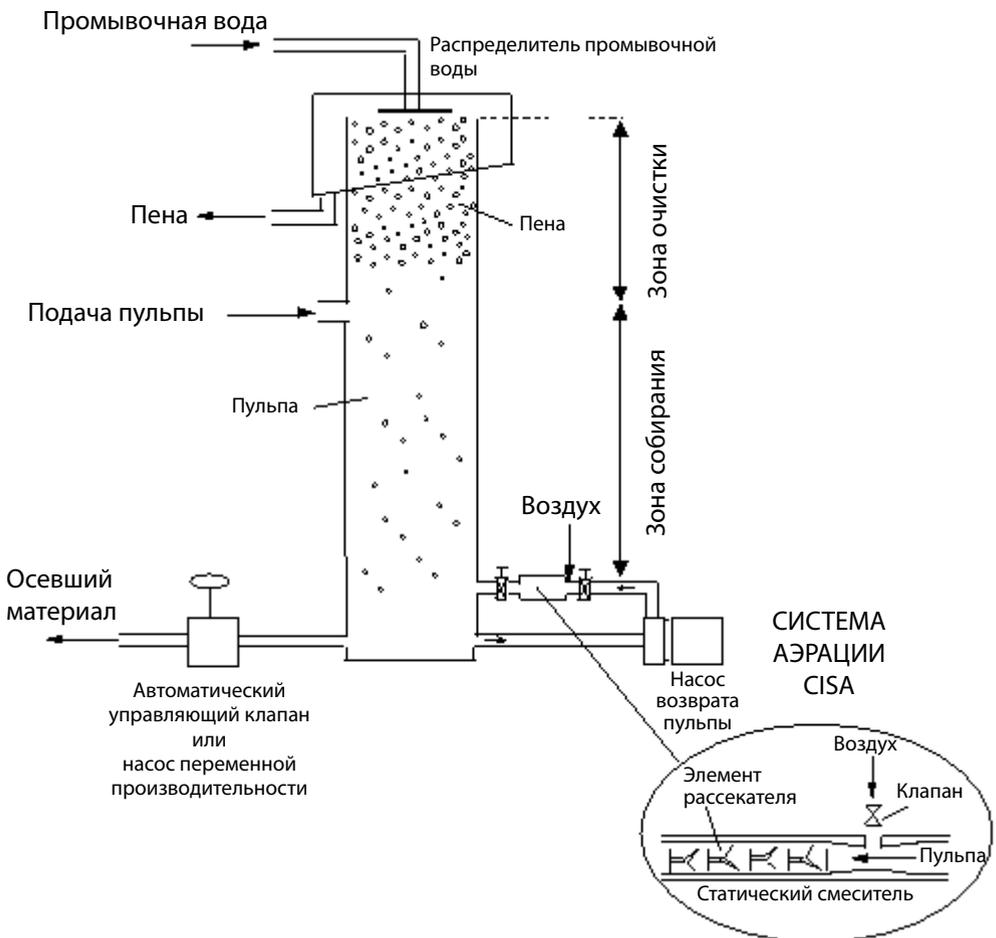
Система с флотационной колонной

Работа флотационной колонны основана на тех же самых базовых принципах, что и работа механических машин, таких как RCS™. Однако, во флотационной колонне отсутствуют какие-либо движущие механизмы. Сепарация происходит в сосуде с большим значением отношения высоты к диаметру, а воздух вводится в пульпу через аэраторы.

В некоторых случаях, таких как перемелка или флотирование очень мелких частиц, флотационная колонна дает следующие преимущества:

- Увеличенную металлургическую эффективность
- Низкое энергопотребление
- Меньшую занимаемую площадь
- Меньшую потребность в техническом обслуживании
- Улучшенное управление

Схема флотационной колонны (CISA)



Флотационная колонна - Характеристики

Аэратор CISA состоит из встроенных статических смесителей и насоса возврата пульпы. Хвосты пульпы откачиваются из основания колонны, пропускаются через статические смесители, где происходит смешивание воздуха и пульпы, и попадают на рассекатели, обеспечивающие диспергирование пузырьков. Когда смесь воздуха с пульпой проходит через неподвижные ножи, расположенные внутри смесителя, благодаря активному перемешиванию, воздух разбивается на мельчайшие пузырьки. Пузырьковая суспензия вводится вблизи основания колонны.

Управление уровнем пульпы осуществляется при помощи ультразвуковых или Dp датчиков для автоматической перестройки клапана управления хвостами.

Добавление промывочной воды улучшает качество продукта за счет удаления частиц, переносимых механически.



Выбор

Подробные сведения по конструкции колонны можно получить у поставщика в региональном центре поддержки.

- Выпускаемые колонны могут иметь диаметр до 4 метров (39").
- Типичная скорость пульпы в колонне 10 - 48 м/ч (33 - 157 фут/ч)
- Производительность пены (типичная) 2-4 г/мин/см²
- Типичная скорость свободного воздуха в колонне 54 - 79 м/ч (177 - 259 фут/ч)
- Высоту колонны выбирают так, чтобы время пребывания пульпы в процессе составляло 10-20 мин.
- Промывочная вода, приблизит. 7 м³/ч на м² (2740 фут³/ч на фут²) площади колонны.

Применение

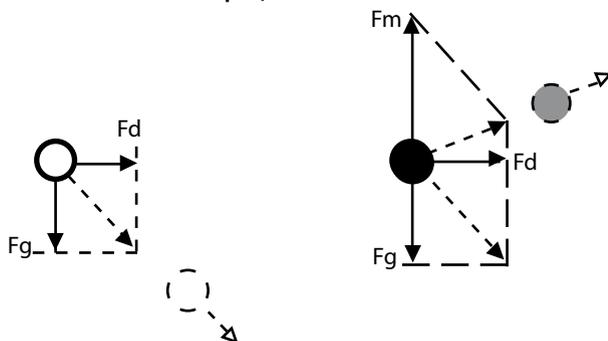
Флотационные колонны применяются для извлечения:

- Меди
- Графита
- Свинца
- Фосфатов
- Цинка
- Угля
- Железа
- Флуорита

Обогащение

Магнитная сепарация - Введение

Если создать среду, в которой присутствует **магнитная сила** (F_m), **сила тяжести** (F_g) и **влекущая сила** (F_d), то магнитные частицы можно отделить от немагнитных посредством **магнитной сепарации**.



Магнитная сепарация - Сила магнитного притяжения (F_m)

$$F_m = V \times X \times H \times \text{grad } H$$

V = Объем частицы (определяется процессом)

X = Магнитная восприимчивость (см. таблицу ниже)

H = Интенсивность магнитного поля (магнитная индукция)
(создается конструкцией магнитной системы)

в мТ (миллitesла) или кГс (килогасс) $1 \text{ кГс} = 100 \text{ мТ} = 0.1 \text{ Т}$

$\text{grad } H$ = Градиент магнитного поля (создается конструкцией магнитной системы) в мТ/м

Магнитная индукция и градиент магнитного поля являются одинаково важными факторами для создания силы магнитного притяжения.

Минерал	Магнитная восприимчивость ($X_m \times 10^6$ эл.магн.ед./г)	
Магнетит	20 000 - 80 000	Ферромагнетик (сильномагнитный)
Пирротин	1 500 - 6 100	
Гематит	172 - 290	Парамагнетик (слабомагнитный)
Ильменит	113 - 271	
Сидерит	56 - 64	
Хромит	53 - 125	
Биотит	23 - 80	
Гетит	21 - 25	
Монацит	18,9	
Малахит	8,5 - 15,0	
Борнит	8,0 - 14,0	
Рутил	2,0	
Пирит	0,21	
Касситерит	- 0,08	Диамагнетик (отталкивается)
Флуорит	- 0,285	
Галенит	- 0,35	
Кальцит	- 0,377	
Кварц	- 0,46	
Гипс	- 1,0	
Сфалерит	- 1,2	
Апатит	- 2,64	

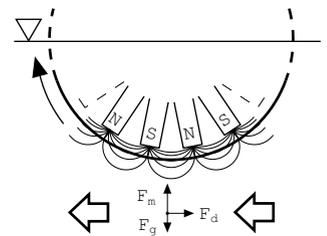
Магнитная сепарация - Конкурирующие силы

- **Гравитационная сила** (F_g) определяется размером частицы и ее плотностью.
- **Гидравлическая сила** (F_d) для случаев мокрой магнитной сепарации, определяется диаметром частицы, ее формой, вязкостью жидкости и скоростью (см. ниже сепараторы LIMS для мокрого обогащения и сепараторы HGMS для мокрого обогащения.)
- **Центробежная сила** (F_c) для вращающихся сухих магнитных сепараторов, определяется размером частиц, их плотностью и скоростью барабана. (см. ниже сухие сепараторы LIMS).
- **Влекущая воздушная сила** (F_a) для сухих магнитных сепараторов, определяется размером частиц, их плотностью и скоростью воздуха. (см. ниже сухие сепараторы HGMS).

Магнитная сепарация - Типы сепараторов

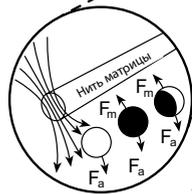
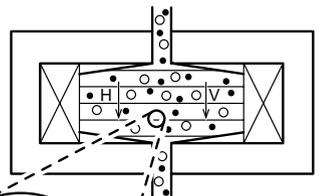
Мокрый сепаратор LIMS (Сепаратор с магнитным полем низкой напряженности)

- Мокрая сепарация ферромагнитных частиц
- Магнитное поле в зоне сепарации $\ast = 1-3$ кГс
- \ast приблизит. 50 мм (2 дюйма) от поверхности барабана



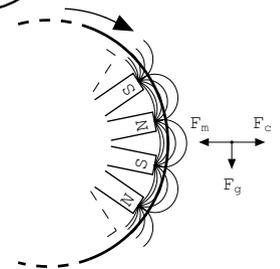
Мокрый сепаратор HGMS (Сепаратор с высоким градиентом магнитного поля)

- Мокрая сепарация парамагнитных частиц
- Магнитное поле в зоне сепарации $\ast = 2-20$ кГс
- \ast на поверхности матрицы



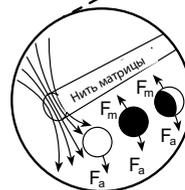
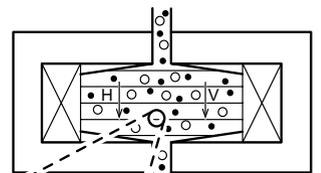
Сухой сепаратор LIMS (Сепаратор с магнитным полем низкой напряженности)

- Сухая сепарация ферромагнитных частиц
- Магнитное поле в зоне сепарации $\ast = 1-3$ кГс
- \ast приблизит. 50 мм (2 дюйма) от поверхности барабана



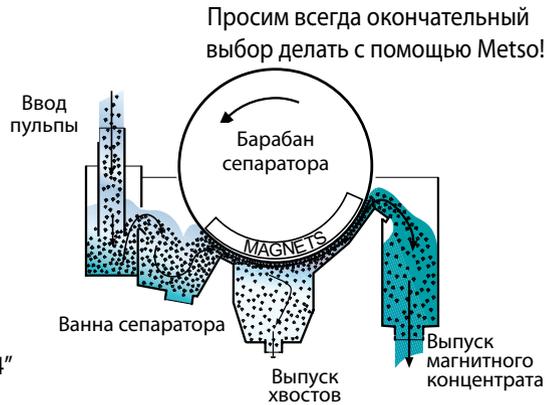
Сухой сепаратор HGMS (Сепаратор с высоким градиентом магнитного поля)

- Сухая сепарация парамагнитных частиц
- Магнитное поле в зоне сепарации $\ast = 2-20$ кГс
- \ast на поверхности матрицы



Мокрые сепараторы LIMS - с прямооточной ванной (CC)

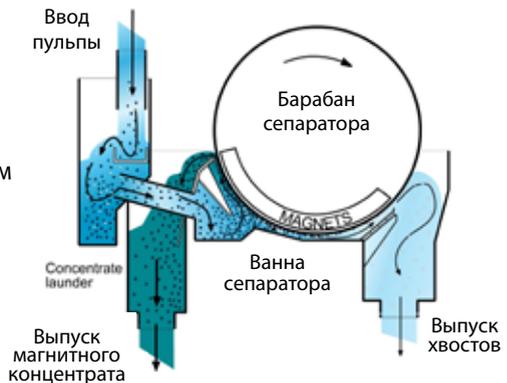
- Короткая зона захвата
- Допустимая крупность зерен до 8 мм - 0.2 дюйма (до 20 мм - 0.8 дюйма со специальной ванной)
- Диаметр 1200 мм (48")
- Длина 600, 1200, 1800, 2400, 3000 и 3600 мм.
- Длина 24", 48", 72", 96", 120" и 144"



CC обычно используется на первой стадии сепарации (магнитный сепаратор), "рабочая лошадка" для больших объемов и чрезвычайно крупнозернистого питания, главным образом в железорудной промышленности. Характеристики см. на стр. 5:55.

Мокрые сепараторы LIMS - с противоточной ванной (CR) (CRHG)

- Очень длинная зона захвата
- Хорошая сепарация с высоким извлечением
- Для питания как с высоким, так и с низким содержанием полезной компоненты
- Нечувствительны к осаждению, можно сепарировать частицы до 3 мм
- HG (высокоградиентный) вариант для Тяжелосредних процессов
- Автоматическая коррекция уровня
- Диаметр 1200 мм (48")
- Длина 600, 1200, 1800, 2400, 3000 и 3600 мм
- Длина 24", 48", 72", 96", 120" и 144"



CR используется как:

1. Магнитный и черновой сепаратор главным образом в железорудной промышленности
2. Тяжелосредний сепаратор, допускающий большие потоки чем DM/DMHG.

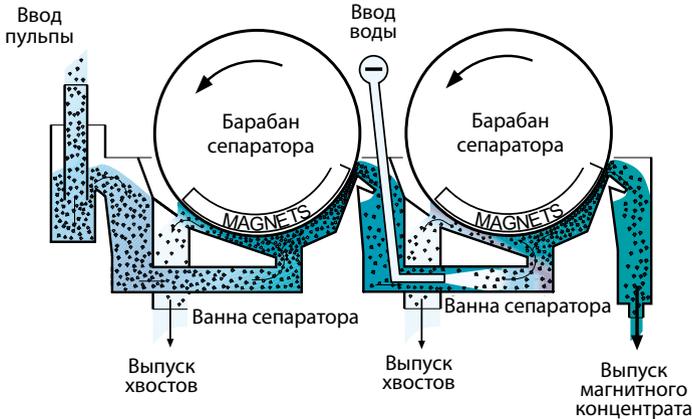
Характеристики см. на стр. 5:56.

Мокрые сепараторы LIMS - с полупротивоточной ванной (CTC)

- Длинная зона захвата = улучшает извлечение
- Чередование полюсов по ходу материала = улучшает содержание полезной компоненты
- Автоматическая коррекция уровня
- Максимальная крупность 0.8 мм, из-за опасности осаждения.
- Диаметр 1200 мм (48")
- Длина 600, 1200, 1800, 2400, 3000 и 3600 мм.
- Длина 24", 48", 72", 96", 120" и 144"

СТС используется: на перечисточной и контрольной стадиях многостадийной концентрации магнитной железной руды.

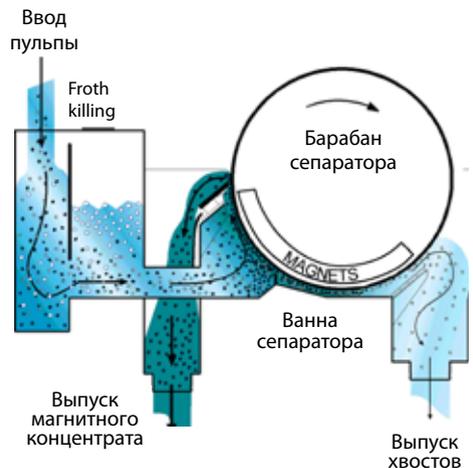
Характеристики см. на стр. 5:57.



Магнитный сепаратор низкой напряженности LIMS для мокрых процессов - Пенный сепаратор (DWHG)

- Очень протяженная зона извлечения
- Для чрезвычайно высокого извлечения очень мелких частиц
- Большой питающий короб для "гашения пены"
- Поднятый узел разгрузки концентрата улучшает дренирование шламов кремнезема.
- Высокоградиентное ярмо, с расширенным углом
- Диаметр 1200 мм (48")
- Длина 600, 1200, 1800, 2400, 3000 и 3600 мм.
- Длина 24", 48", 72", 96", 120" и 144"

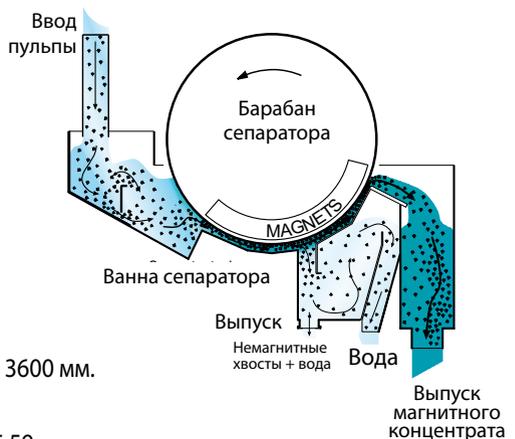
Смотри листок данных 5:58.



Мокрые сепараторы LIMS - для извлечения утяжелителя (DM/DMHG)

- Очень длинная зона захвата
- Для крайне высоких значений извлечения очень мелких частиц
- Для высоких значений извлечения из очень разжиженной пульпы выпускается сепаратор в исполнении HG (с большим градиентом магнитного поля)
- Диаметр 1200 мм (48")
- Длина 600, 1200, 1800, 2400, 3000 и 3600 мм.
- Длина 24", 48", 72", 96", 120" и 144"

Характеристики см. на стр. 5:58 и 5:59.



Обогащение

Мокрые сепараторы LIMS - Плотность питания

- С прямоточной ванной (CC) 35-45 % твердого по весу
- С полупротивоточной ванной (СТС) 25-40 % твердого по весу
- С противоточной ванной (CR) 25-40 % твердого по весу
- Для извлечения утяжелителя (DM) 25-300 грамм на литр
- Для извлечения утяжелителя (DMHG) 5-100 грамм на литр

Мокрые сепараторы LIMS - Производительность

Для обогащения железной руды

Только общие указания!

Зернистость	% минус 0.074 мм	Тип ванны	Скорость подачи питания по сухому твердому тонн / час x м длина барабана 1200 мм	Объемная скорость подачи питания м ³ / час x м длина барабана 1200 мм
Крупная	15 - 25	Сонаправленное / Встречное вращение	80 - 140	240 - 350
Средняя	50	Встречное вращение	60 - 100	130 - 220
Мелкая	75 - 95	Полупротивоточная	40 - 80	150 - 250

Зернистость	% минус 200 меш	Тип ванны	Скорость подачи питания по сухому твердому тонн / час x ft длина барабана 48"	Объемная скорость подачи питания US GPM / ft длина барабана 48"
Крупная	15 - 25	Сонаправленное / Встречное вращение	25 - 50	320 - 470
Средняя	50	Встречное вращение	20 - 30	175 - 300
Мелкая	75 - 95	Полупротивоточная	10 - 25	200 - 335

Пенные приложения

Модель	Диаметр барабана м м	Объемная производительность м ³ / час x м длина барабана	Объемная скорость подачи питания US GPM / ft длина барабана
WS 1200 DWHG	1200	80 - 120	110 - 160

Для извлечения утяжелителя

Модель	Диаметр барабана м м	Объемная производительность м ³ / h x m длина барабана
WS 1200 DM	1200	100 - 150
WS 1200 DMHG	1200	80 - 120
WS 1200 CR	1200	125 - 200

Модель	Диаметр барабана дюйм	Объемная производительность ам.гал/мин/ ft ширина
WS 1200 DM	48	135 - 200
WS 1200 DMHG	48	110 - 160
WS 1200 CR	48	170 - 270

Мокрые сепараторы LIMS – Выбор типоразмера

При выборе типоразмера требуемое значение производительности по сухой твердой фракции питания задавайте при высоком содержании твердого (>25% твердого по весу), а объемную производительность по питанию - при низком содержании твердого (<25% твердого по весу).

Пример: Первичный сепаратор для магнетита, содержание крупных зерен 20% минус 200 меш, производительность 500 т/ч. (555 кор.тонн/ч)

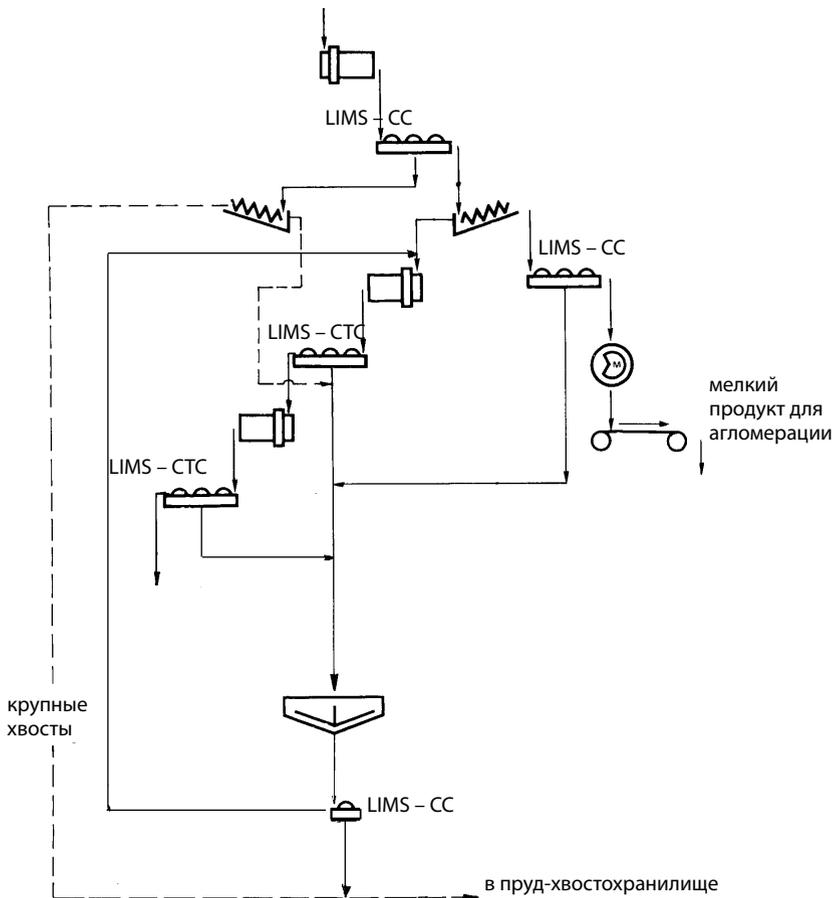
Типоразмер: выбираем сепаратор с прямоточной ванной. Возьмем производительность (см. таблицу выше) 140 т/ч (155 кор.т/ч), тогда длина барабана (при диам. 1200 мм, 48") составит 500/140, то есть 3,6 м (144"). Максимальная длина составляет 3м (120").

2 x длину барабана 1800 мм (72") дает 504 т/ч (556 кор.т/ч).

Окончательно выбираем: 2 x WS 1218 СС.

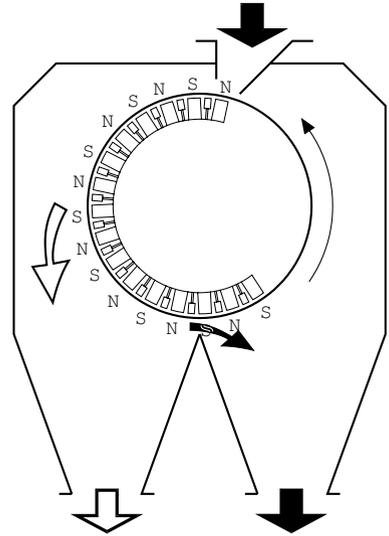
Примечание: Существуют залежи магнетита, руда которых находится на разных стадиях трансформации (например, мартитизации). Такие руды будут проявлять различные магнитные свойства, и их необходимо опробовать, прежде чем можно будет сделать корректный выбор сепаратора.

Мокрые сепараторы LIMS – Схема процесса (типичная)



Сухие сепараторы LIMS – Барабанный сепаратор (DS)

- Чередование магнитной полярности и разных полюсных шаг обеспечивают хорошее извлечение и высокий процент полезной компоненты в продукте
- Возможность изменения скорости барабана 1-8 м/с (3 - 26 фут/с) придает гибкость при применении в металлургии
- Не чувствителен к крупности частиц в пределах 0.01 - 20 мм (150 меш - 3/4")
- Диаметр 916 мм (36"), 1200 мм (48")
- Длина 300 (только диам. 916), 600, 1200, 1500*, 1800, 2400, 3000 и 3600 мм.
- Длина 12" (только диам. 36"), 24", 36", 48", 60"* , 72", 96", и 120", 144"
- Для сепарации при высокой скорости (+5 м/с) максимальная длина 2400 мм (60")



Сепараторы DS могут быть использованы во всех процессах сухого разделения ферромагнетиков:

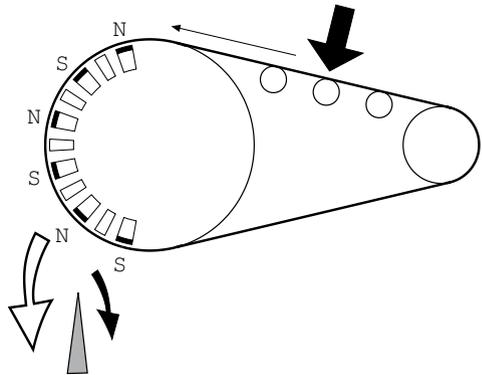
- Обработка шлаков железа и стали
- Сепарация золы из озоленного пирита
- Производство обожженного ильменита
- Производство металлического порошка железа
- Производство магнетита или сверхвысокосортного магнетита

Характеристики см. на стр. 5:60.

* Макс. длина - высокоскоростной пластмассовый барабан.

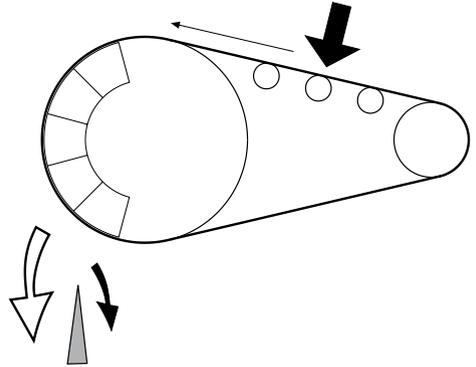
Сухие сепараторы LIMS – Ленточный сепаратор (BSA)

- Для крупнозернистых материалов с крупностью минус 200 мм
- Чередование магнитной полярности и разных полюсных шаг обеспечивают хорошую селективность
- Резиновая лента для защиты барабана сепаратора и равномерного распределения питания
- Изменяемая скорость для оптимальной сепарации
- Диаметр 1200 мм (48")
- Длина 600, 1200, 1800, 2400 и 3000 мм.
- Длина 24", 48", 72", 96" и 120"



Сухие сепараторы LIMS - Ленточный сепаратор (BSS)

- Очень большая сила сепарации - для работы с кусками крупностью 300 мм
- Дисковые магниты, не вызывающие переворачивания частиц, дают пониженную селективность
- Резиновая лента для защиты барабана
- Изменяемая скорость
- Диаметр 1200 мм (48")
- Длина 600, 1200, 1800 и 2400 мм.
- Длина 24", 48", 72", 96"



Сепараторы BSA и BSS главным образом используются для сепарации крупнозернистых ферромагнитных руд и шлаков.

Характеристики см. на стр. 5:61

Сухие сепараторы LIMS - Крупность питания

- DS 0-20 мм (0 - 3/4") При крупности ниже 30 микрон селективность падает
- BSA 5-200 мм (3/16" - 8") При крупности ниже 5 мм (3/16") селективность падает
- BSS 5-300 мм (3/16" - 12") При крупности ниже 5 мм (3/16") селективность падает

Сухие сепараторы LIMS - Макс.содержание влаги в питании

	Крупность питания	макс % H ₂ O в питании
DS	- 6 мм (1/4")	5
	- 1 мм (16 меш)	0,5
	- 0,1 мм (150 меш)	0,1

Сухие сепараторы LIMS - Рекомендуемый полюсный шаг (межполюсное расстояние)

	Крупность пит. (мм)	Полюсный шаг (мм)	Крупность пит. (дюйм)	Полюсный шаг (дюйм)
DS	0 - 5	25	0 - 3/16"	1"
	0 - 10	45	0 - 3/8"	1 3/4"
	0 - 15	65	0 - 9/16"	2 5/8"
	0 - 20	100	0 - 3/4"	4"
BSA	5-75	105	3/16" - 3"	4"
	5-100	165	3/16" - 4"	6 5/8"
	5-200	250	3/16" - 8"	10"

Обогащение

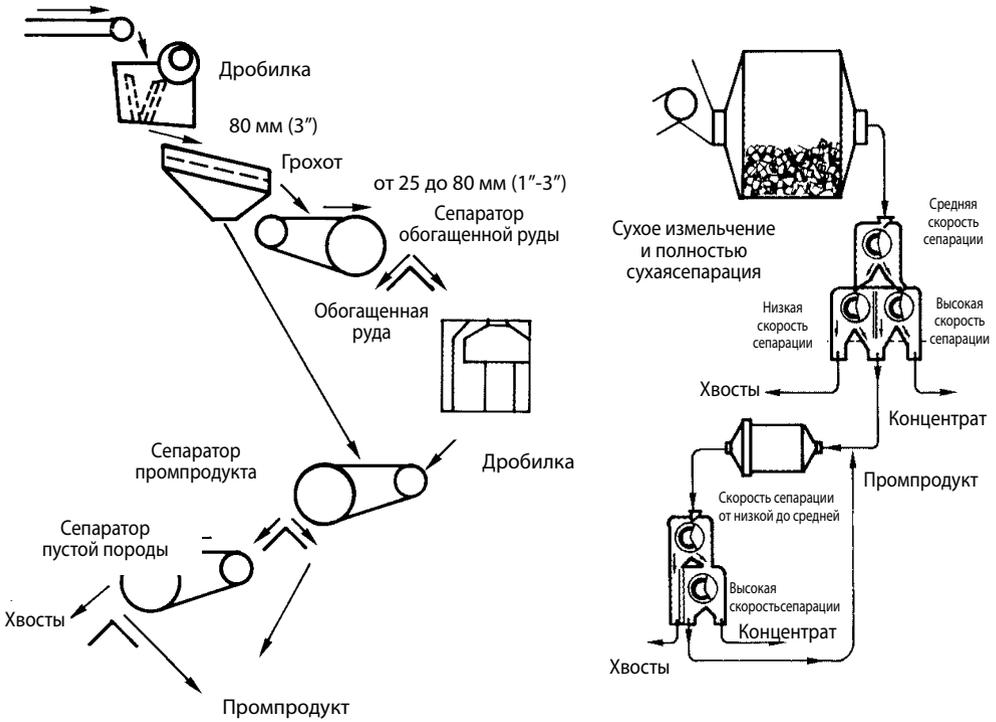
Сухие сепараторы LIMS – Производительность

Тип	Диам. (мм)	т/ч на м длины барабанах) ^x	Диам. (дюйм)	кор.т /ч / фут длины
DS	916	100 - 150	36"	35 - 50
	1 200	100 - 200	48"	35 - 70
BSA	1 200	150 - 200	48	50 - 70
BSS	1 200	250 - 400	48	85 - 135

^{x)} Типичная производительность.

Для индивидуальных видов руд вариации будут более значительным^а.

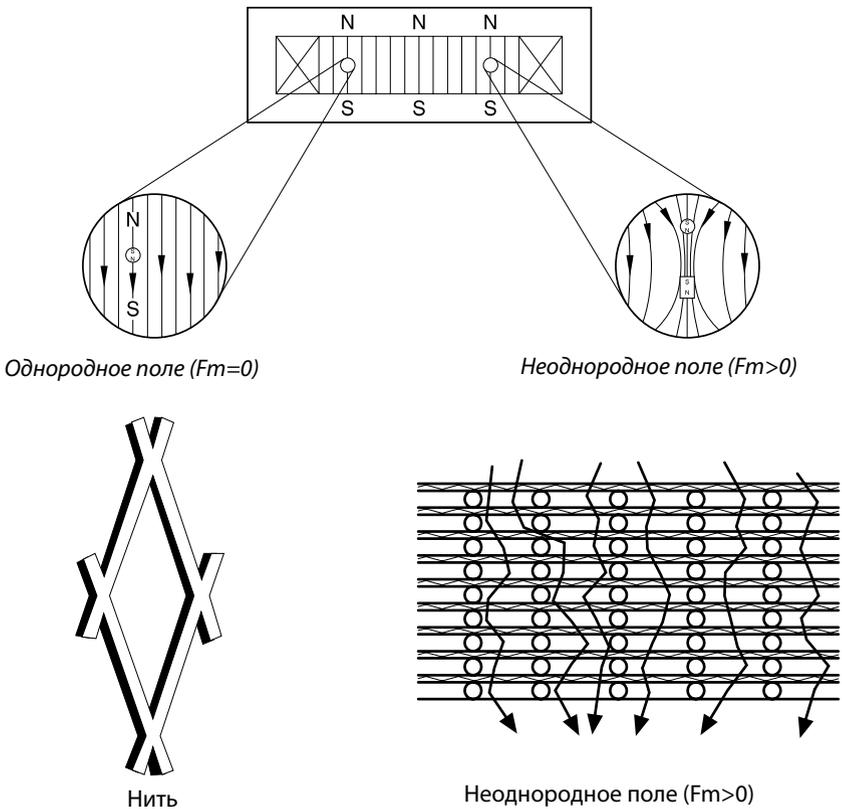
Сухие сепараторы LIMS - Схема процесса (типичная)



Мокрые сепараторы HGMS – Устройство матрицы

Если ввести в конструкцию ферромагнитный материал с острыми краями, создающий **неоднородность** магнитного поля, то во всех **точках**, где присутствует неоднородность, можно получить высокие градиенты магнитного поля, см. описание принципа магнитной сепарации на стр. 5:22-23.

Эти элементы (**нити**), создающие неоднородность поля, разнесены друг от друга так, чтобы пульпа могла их обтекать.



Факты, касающиеся нитей:

- Изготавливаются из ферромагнитного материала в виде тянутого металла (x) или спрессованной тонкой стальной стружки (w)
- Толщина нити зависит от крупности сепарируемых частиц
- Расстояние между нитями может быть приблизительно в 10 больше толщины нити
- Матрица может содержать нити разной толщины, "слоеная матрица"

Мокрые сепараторы HGMS – Типы сепараторов

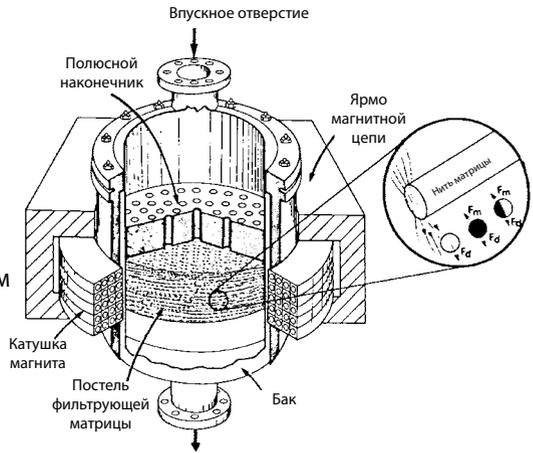
Циклического действия: Для случаев низкого содержания магнитного материала в питании (< 4% по весу)

Непрерывного действия (карусельные): Для случаев повышенного содержания магнитного материала в питании (> 4% по весу)

Обогащение

Мокрые сепараторы HGMS циклического действия

- Надежная и простая конструкция (мало подвижных частей)
- Магнитное поле от 3-20 кГс
- Диаметр бака до 305 см (120")
- Интенсивные магнитные поля с большим градиентом, хорошо «полирующие» загрязненные продукты



Мокрые сепараторы HGMS циклического действия – Типоразмеры и обозначение

Типоразмер отражает

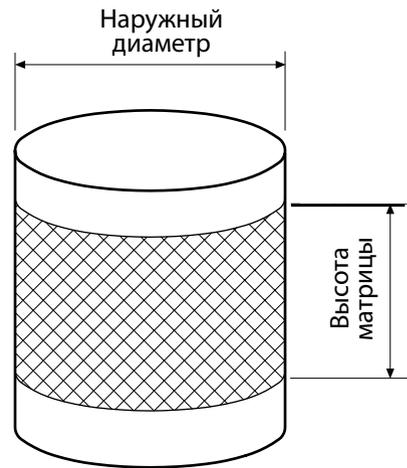
- Наружный диаметр бака (см):
10, 22, 38, 56, 76, 107, 152, 214 и 305
(4", 9", 15", 22", 30", 42", 60", 84" и 120")
- Магнитное поле: 3, 5, 10, 15 и 20 кГс
- Высоту матрицы (см): 15, 30 и 50 см
(6", 12", 20")

Обозначение

HGMS 107-30-20 = Сепаратор циклического действия с баком (или матрицей) диаметром 107 см, высотой матрицы 30 см и магнитной индукцией 20 кГс.

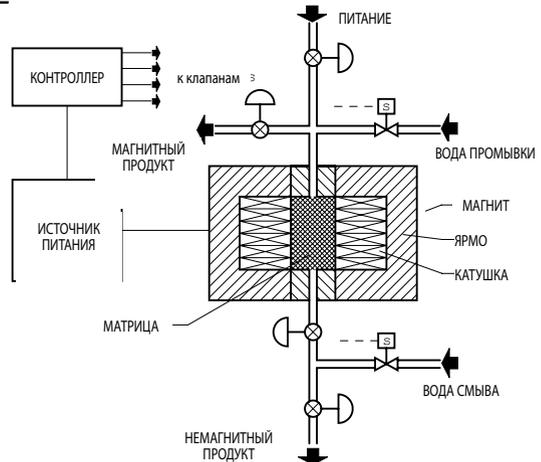
Лабораторный сепаратор - это модель 10-15-20 (диам. 10 см, высота матрицы 15 см и магнитная индукция 20 кГс)

Характеристики см. на стр. 5:62.

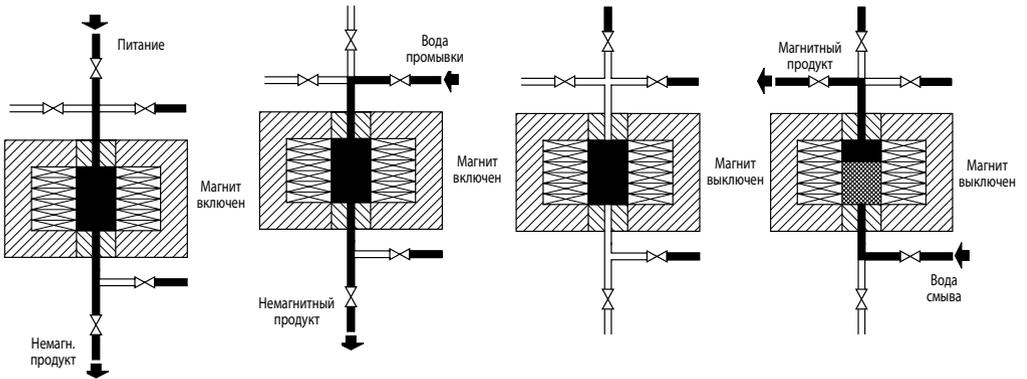


Мокрые сепараторы HGMS циклического действия – Схема системы

- Компактная конструкция
- Отказобезопасность (температурная защита)
- Источник питания индивидуально под заказчика
- Целиком автоматическое управление процессом



Мокрые сепараторы HGMS циклического действия
– Принцип работы



Цикл 1
Сепарация

- магнит включен
- питание подается
- промывка включена

Цикл 2
Промывка

- магнит включен
- питание перекрыто
- промывка выключена

Цикл 3
Размагничивание

- магнит выключен
- питание перекрыто
- смыв включен

Цикл 4
Смыв

- магнит выключен
- питание перекрыто

Типичные времена циклов (сепарация каолина):

Сепарация	(4 мин)
Промывка	(1.5 мин)
Намагничивание / Размагничивание	(< 1 мин)
Смыв	(< 1 мин)

Мокрые сепараторы HGMS циклического действия
– Область применения

- Обогащение каолина (осветление)
- Восстановление Fe₂O₃ в кварцевом песке, полевом шпате, барите
- Восстановление Си в концентратах Мо Си
- Обеззоливание и десульфуризация угля
- Улучшение качества фосфатов

Обогащение

Мокрые сепараторы HGMS циклического действия – Рекомендации по использованию

Содержание твердого в питании - как можно более высокое. Для глин не более, приблизит. 30% твердого по весу из-за проблем с вязкостью.

Крупность зерен в питании - ограничивается типом матрицы.

Матрица типа XR 1.1 для частиц <1000 микрон (15 меш)

Матрица типа XR для частиц <800 микрон (20 меш)

Матрица типа XM 1.1 для частиц <450 микрон (34 меш)

Матрица типа XM для частиц <350 микрон (42 меш)

Матрица типа XF 1.1 для частиц <150 микрон (100 меш)

Матрица типа XF для частиц <100 микрон (150 меш)

Матрица типа WC для частиц <20 микрон

Матрица типа WM для частиц <10 микрон

Матрица типа WF для частиц <7 микрон

*** Вышеприведенные значения крупности частиц являются лишь приблизительными Форма частиц может повлиять на выбор матрицы!**

Крупные частицы могут вызвать засорение матрицы!

Площадь матрицы

Размер сепаратора	Площадь матрицы (м ²)	Площадь матрицы (кв. фут)
22	0,04	0,43
38	0,11	1,98
56	0,24	2,58
76	0,45	4,48
107	0,90	9,7
152	1,81	19,5
214	3,60	38,8
305	7,30	78,6

Мокрые сепараторы HGMS циклического действия – Выбор типоразмера (ориентировочный)

Пример: Очистка каолина, 4 т/ч. Выбрать размер сепаратора.

1. Вычислим время цикла:
 - Питание 4 мин
 - Промывка 1.5 мин
 - Магнит вкл/выкл 1 мин
 - Смыв 1 мин

Общее время цикла 7.5 мин.

2. На основе данных п.1 вычислим долю времени фактической сепарации (питание)

$$4 / (4 + 1,5 + 1 + 1) = 4 / 7,5 = 0,53 (53\%)$$

3. Вычислим объемную производительность для 4.0 т/ч (например, при 25% твердого и плотности S.G. 2.5), что даст 13.6 м³/ч (0.75 фут³ / мин)

Так как фактическое время сепарации составляет 53% общего времени, объемная производительность сепаратора должна быть = 13,6/0,53 = 25,7 м³/ч (15.1 фут³ / мин)

4. Для каолина (очень мелкие частицы) подходит матрица типа W. Типичная скорость течения пульпы при обработке каолина составляет 8 мм/с или 28,8 м/ч (19.0 дюйм / мин)

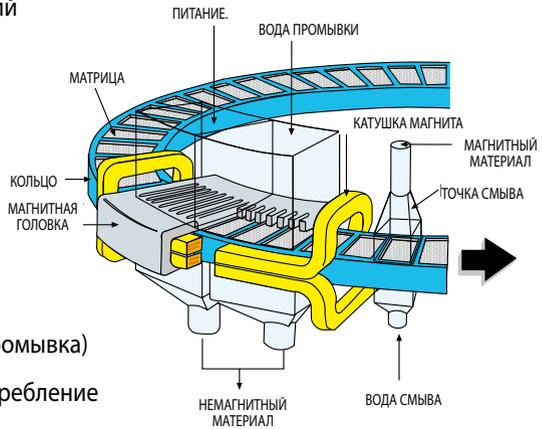
5. Вычислим размер сепаратора

площадь матрицы (м²) = объемная производительность (м³/ч) / скорость течения (м/ч) = 25,7 / 28,8 = 0,89 м² (9.6 фут²)

Типоразмер машины, см. выше, будет HGMS 107-30-20

Мокрые сепараторы HGMS карусельного типа

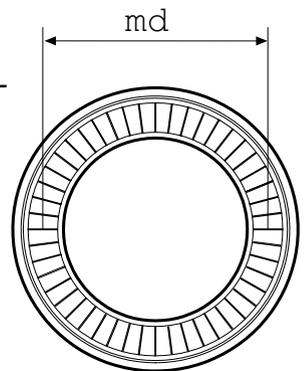
- Широкий спектр применений
- Обработка мелких частиц
- Высокая эффективность сепарации
- Простая, надежная конструкция
- Простой смыв магнитной фракции (патентованная обратная промывка)
- Низкое удельное энергопотребление
- Простое техническое обслуживание
- Долгий срок службы компонентов
- Высокая производительность



Мокрые сепараторы HGMS карусельного типа – Типоразмеры и обозначение

Типоразмер отражает

- Средний диаметр (md) кольца матрицы (см): 120, 185, 250, 350 см. (48", 73", 96", 138", (250")
- Магнитное поле (интенсивность): 5, 10, 15 и (20) кГс
- Возможное число магнитных головок: От одной до двух для размеров 120, 180 и 240. От одной до трех для размера 350.



Обогащение

Обозначение

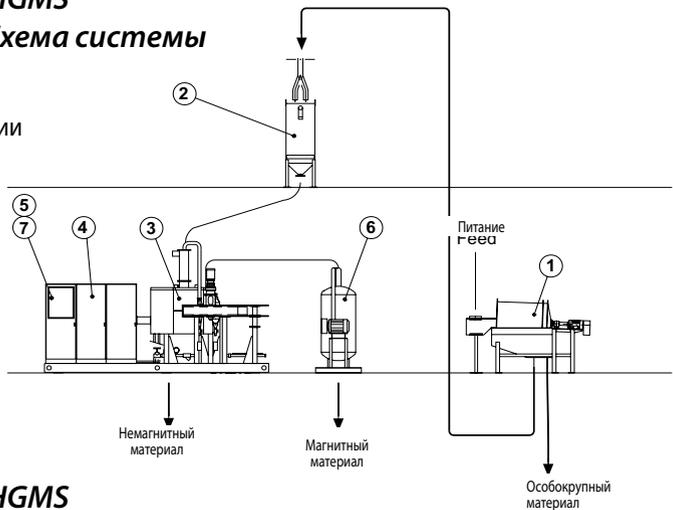
HGMS 120-10 = Карусельный сепаратор со средним диаметром кольца матрицы \varnothing 120 см и одной магнитной головкой 10 кГс

HGMS 185-15-15 = Карусельный сепаратор со средним диаметром кольца матрицы \varnothing 185 см (73") и двумя магнитными головками, каждая по 15 кГс.

Характеристики см. на стр. 5:63.

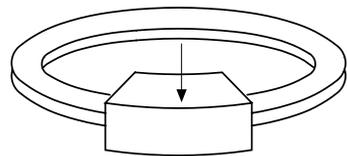
Мокрые сепараторы HGMS карусельного типа – Схема системы

1. Грохот - для вывода особо крупной фракции
2. Пассивная матрица
3. Карусель
4. Источник питания
5. Система охлаждения
6. Вакуумная систем
7. Система управления

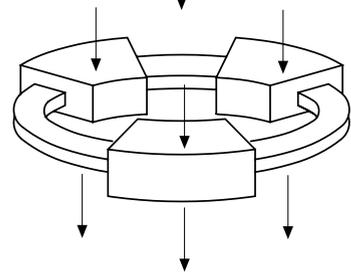


Мокрые сепараторы HGMS карусельного типа - Работа

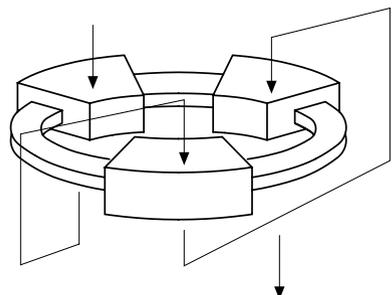
Одна головка, однократный проход



Две или три головки, однократный проход



Две или три головки, однократный или двукратный проход



Мокрые сепараторы HGMS карусельного типа – Область применения

1. Обогащение парамагнитных оксидных минералов, таких как:
 - хромит
 - гематит
 - ильменит
 - манганит
 - вольфрамит
2. Редкоземельные минералы
3. Промышленные минералы (удаление парамагнитных примесей)
4. Уголь (десульфуризация и обеззоливание)
5. Сепарация базовых металлических минералов:
 - Cu-Mo
 - Cu-Pb
 - Zn-Pb

Мокрые сепараторы HGMS карусельного типа – Рекомендации по использованию

Содержание твердого в питании

- обычно 25% твердого по весу
- максимум 35% твердого по весу

Крупность зерен в питании - ограничивается типом матрицы.

Матрица типа XR 1.1 для частиц <1000 микрон (15 меш)

Матрица типа XR для частиц <800 микрон (20 меш)

Матрица типа XM 1.1 для частиц <450 микрон (34 меш)

Матрица типа XM для частиц <350 микрон (42 меш)

Матрица типа XF 1.1 для частиц <150 микрон (100 меш)

Матрица типа XF для частиц <100 микрон (150 меш)

Матрица типа WC для частиц <20 микрон

Матрица типа WM для частиц <10 микрон

Матрица типа WF для частиц <7 микрон

* Вышеприведенные значения крупности частиц являются лишь приблизительными

Форма частиц может повлиять на выбор матрицы!

Высота матрицы (см)

Модель	Высота	
	(мм)	(дюйм)
120	14,4	(5,67)
185	18,9	(7,44)
250	18,5	(7,28)
350	21,0	(8,27)

Обогащение

Мокрые сепараторы HGMS карусельного типа – Ориентировочное потребление воды

Размер	Промывка / магн.головк. (м ³ /ч)	Смыв / магн.головк. (м ³ /ч)	Вода уплотн. / сепаратор (м ³ /ч)	Охлажд. вода* (м ³ /ч)
120	15	20	8	3
185	70	90	12	4
240	200	250	27	6
350	350	450	40	9

* Одна магнитная головка 7 кГс

Размер	Промывка / магн.головк. (US гал/мин)	Смыв / магн.головк. (US гал/мин)	Вода уплотн. / сепаратор (US гал/мин)	Охлажд. вода* (US гал/мин)
120	65	90	35	15
185	310	395	50	20
240	880	1 095	120	25
350	1 535	1 975	175	40

* Одна магнитная головка 7 кГс

Мокрые сепараторы HGMS карусельного типа – Выбор типоразмера

Выбор типоразмера должен производиться квалифицированным инженером-технологом!

Параметры для выбора типоразмера следующие:

Загрузка матрицы = Содержание твердого в питании / Объем матрицы г/см³

Скорость течения пульпы

Применение	Магн. индукция (тесла) 1 тесла(T) = 10 кгаусс(кГс)	Загрузка матрицы (г/см ³)	Скорость течения питания (мм/с)	(дюйм/с)
Гематит	0,3–0,7	0,3–0,65	180–250	7 – 10
Ильменит	0,5–0,7	0,3–0,45	180–200	7 – 8
Хромит	0,5–0,7	0,3–0,5	150–200	6 – 8
Марганцевая руда	1,0–1,5	0,3–0,5	100–200	4 – 8
Апатит	0,7–1,5	0,3	100–150	4 – 6
Кианит	1,5	0,3	100–150	4 – 6
Вольфрамит	1,0	0,3	100–150	4 – 6
Нефелиновый сиенит	1,2–1,5	0,3	60–90	2,5 – 3,5
Кварцевый песок	1,5	0,3–1,0	60–90	2,5 – 3,5
Слюда	0,8–1,0	0,3–0,8	60–90	2,5 – 3,5

Магнитные фильтры

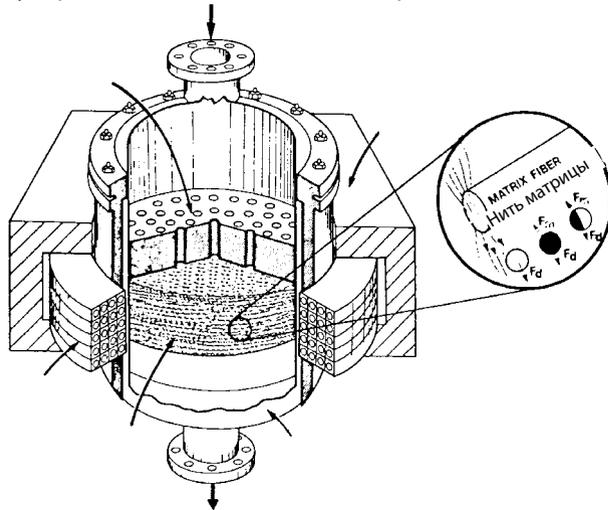
с высоким градиентом магнитного поля - HGMF

Идея сепараторов HGMS циклического действия в специальном конструктивном исполнении используется для удаления магнитных или слабомагнитных частиц из жидкостей.

Магнитный фильтр HGMF – Конструкция

Конструкция очень похожа на машину HGMS циклического действия, однако, имеются некоторые особенности

- Прочная и компактная конструкция
- Градиенты магнитного поля до 20 кГс
- Диаметр бака до 2140 мм (84")
- Максимальный перепад давления 100 бар (1450 psi)
- Способность работать при высоком давлении и температуре
- Большая удерживающая способность матрицы



Магнитные фильтры HGMF - Типоразмеры и обозначение

Размеры

7 размеров (промышленные фильтры); название происходит от наружного диаметра (см) бака:

Тип: 38, 46, 56, 76, 107, 152, 214

Интенсивность магнитного поля для каждого размера: 3, 5, 10 и 15 кГс.

Высота матрицы: 15, 30 и 50 см. (0.6", 1.2" и 2") (для осветления воды)

Обозначение

HGMF 56-15-3 = магнитный фильтр с диаметром бака 56 см, высотой матрицы 15 см и интенсивностью магнитного поля 3 кГс. Характеристики см. на стр. 5:64.

Магнитные фильтры HGMF - Область применения

В общем случае: Для задач, когда имеется высокое давление, высокая температура и «недостаточно места»

- Удаление частиц железа и меди из цепей бойлеров
- Очистка систем централизованного теплоснабжения
- Удаление слабомагнитных частиц из технологической воды (вторичной окалины, металлургической пыли и т.п.)

Обогащение

Магнитные фильтры HGMF – Рекомендации по использованию

Содержание твердого в питании	Обычно очень низкие уровни ppm
Крупность зерен в питании	Ограничена типом матрицы Матрица типа KF допускает крупность - 100 микрон

Размер	Площадь матрицы фут ²	Площадь матрицы м ²
38	0,8	0,07
56	2,0	0,19
76	4,6	0,43
107	9,1	0,85
152	18,8	1,75
214	36,8	3,42

Магнитные фильтры HGMF – Выбор типоразмера

Выбор производится подобно стандартному выбору для задач очищения, см. раздел 6:3.

Нагрузка на поверхность матрицы (м³/ч на м²) представляет собой скорость течения материала через матрицу, необходимая для оптимального очищения.

Применение *	Нагрузка на поверхность (м ³ / м ² *ч)	Нагрузка на поверхность (фут ³ /фут ² * мин)	Интервал промывки
Очистка водяного конденсата	500–1 500	27 - 81	7–21 суток
Системы центр.отопления	500–1 500	27 - 81	24 часа
Охлажд. вода для литейн.пр-ва	200–800	11 - 44	0.3–1 час

* магнитное поле 3 кГс

Пример 1:

Охлаждающую воду для сталелитейного производства можно обрабатывать с нагрузкой на поверхность матрицы

500 м³/м² х ч при магнитной индукции 3 кГс. Фактический расход составляет 800 м³/ч.

Тогда, потребная площадь матрицы $800 / 500 = 1.6 \text{ м}^2$

Выбираем магнитный фильтр HGMF 152 - 15 - 3

Пример 2:

Водяной конденсат на бумажной фабрике можно обрабатывать с нагрузкой на поверхность матрицы, приблизительно, 500 гал/мин*фут²

Фактический расход составляет 3000 гал/мин

Матрица фильтра HGMF модели 107

имеет площадь = 9.1 фут²

$3000 / 9.1 = 330 \text{ гал/мин*фут}^2$ (Фильтр выбран верно!)

Разделение посредством выщелачивания

Когда механические методы разделения не могут оптимальным образом сохранить полезный мелаллический компонент руды, альтернативным способом обогащения является выщелачивание, как дополнение к механической технологии, либо как целиком самостоятельный процесс.

Большинство процессов выщелачивания требуют подготовки питания путем дробления, измельчения и, в некоторых случаях, предварительного обогащения и обжига.

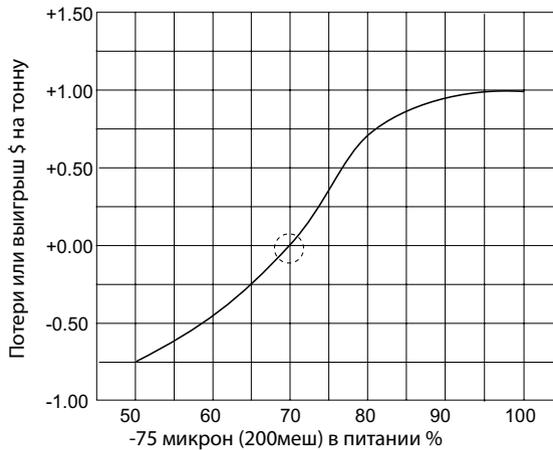
Разделение обычно заключается в том, чтобы обеспечить химическим реагентам время контакта с материалом питания, достаточное для их проникновения в материал.

Методы выщелачивания	Типичная крупность питания	Типичное время контакта
Выщелачивание отвалов	-1500 мм (60 дюйм)	10 лет
Кучное выщелачивание	-150 мм (6 дюйм)	1 год
Выщелачивание с перемешиванием (крупн.)	-200 микрон (65 меш)	2–24 ч
Выщелачивание с перемешиванием (мелк.)	- 10 микрон	5–10 мин

Выщелачивание отвалов и кучное выщелачивание обычно требуют малых капиталовложений, но стоимость реагентов высока. Степень извлечения обычно низкая (менее 60%). Методы с перемешиванием (прямоточные и противоточные) требуют больших инвестиций, но окупаются высокой степенью извлечения.

Значение крупности питания при выщелачивании

При выщелачивании всегда есть оптимальное соотношение между крупностью питания и степенью извлечения. Для высокоценных руд важно установить этот баланс между затратами на измельчение и степенью извлечения полезной компоненты, см. ниже.



Выщелачиватели

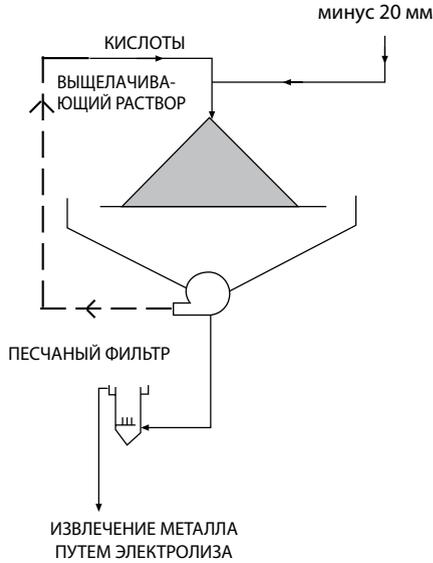
Тип руды	Выщелачиватель	Типичная крупность зерен	Типичное время контакта
Руда Cu (оксид)	H ₂ SO ₄ (5.00%)	- 9 мм, (3/8 дюйм)	5 суток
Руда Au	NaCN (0.05%)	- 200 микрон, 65 меш	4-24 ч
Концентр. Au (сульфид)	NaCN (0.10%)	-45 микрон, 325 меш	10-72 ч
Ильменит	H ₂ SO ₄ (90.0%)	-75 микрон, 200 меш	0.5 ч
Руда Ni (латерит)	H ₂ SO ₄ (3.00%)	-150 микрон, 100 меш	2 ч
Руда Ag	NaCN (0.20%)	-200 микрон, 65 меш	72 ч
Урановая руда	H ₂ SO ₄ (0.5-5%)	-150 микрон, 100 меш	16-48 ч
Урановая руда	Na ₂ CO ₃ (5.00%)	-150 микрон, 100 меш	90 ч

Обогащение

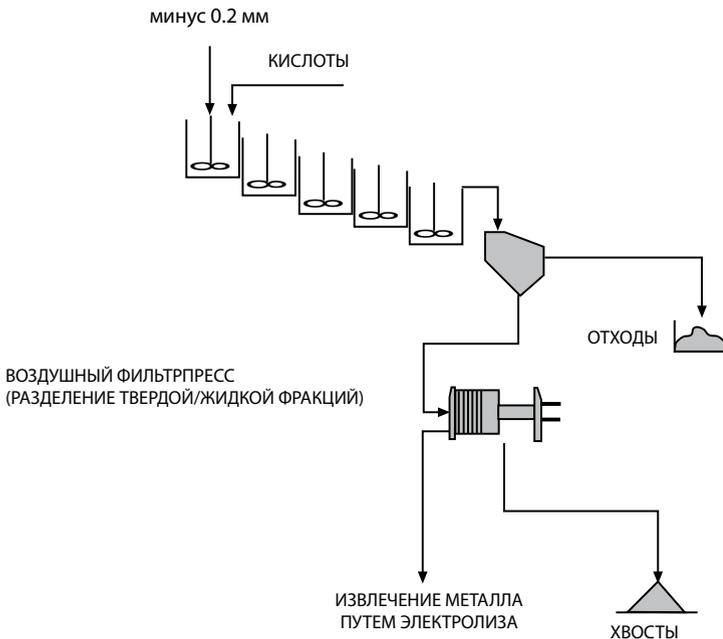
Выщелачивание металлов

Ниже приведены классические схемы выщелачивания: кучное выщелачивание для крупных фракций (только после дробления) низкосортных руд и выщелачивание с перемешиванием для мелких фракций высокоценных руд.

При **кучном выщелачивании** землю защищают водонепроницаемой поверхностью, собирающей на себе выщелачивающие реагенты, которые перекачивают насосами, осуществляя их рециркуляцию. Когда раствор «созреет», его очищают осаждением или песчаной фильтрацией и забирают для извлечения металла путем электролиза.



В схеме **выщелачивания с перемешиванием** питание мельче (обычно –200 микрон), а пульпа движется в том же направлении, что и реагенты (прямоточная схема). В этом случае, из-за размера частиц, созревший раствор приходится извлекать из твердой фазы путем механического обезвоживания, см. раздел 6.



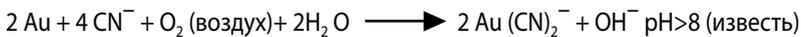
Выщелачивание золота

Обогащение путем выщелачивания главным образом используется для извлечения золота, часто в сочетании с предварительной гравитационной сепарацией. Если на этапе уменьшения крупности высвобождено свободное крупнозернистое золото, то эту фракцию (обычно -1 мм) извлекают на винтовых сепараторах, см. 5:8. Если присутствуют более мелкие фракции свободного золота, то применяют технологию центрифугирования (в данном справочнике не рассматривается). Как вариант, при обработке руды, содержащей только металлическое золото, часто используют выщелачивание с абсорбцией активированным углем.

Выщелачивание золота -

Метод абсорбции активированным углем

Реакция выщелачивания



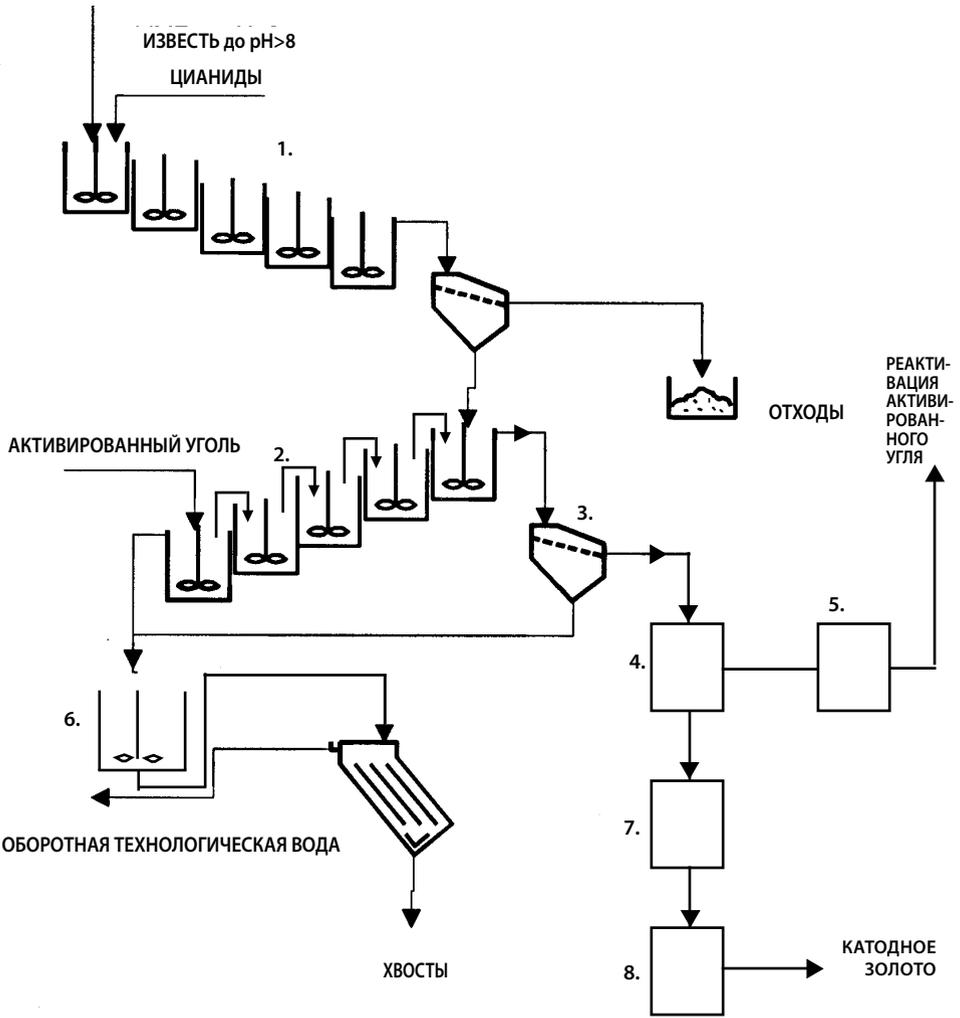
Стадии процесса

1. **Выщелачивание** с перемешиванием, чтобы растворить Au по вышеприведенной реакции. Мешалки построены по прямоточной схеме. **Метод CIL (Carbon in leach)** это метод, при котором абсорбция золота активированным углем осуществляется в цепи выщелачивания. Метод редко используется по причине высоких эксплуатационных затрат, и в данном справочнике не рассматривается.
2. **Метод абсорбции CIP (Carbon in pulp)** это метод, при котором с помощью гранул активированного угля, при медленном перемешивании, осуществляется абсорбция раствора Au из пульпы. Мешалки построены по противоточной схеме (уголь движется навстречу потоку пульпы). См. схему процесса на следующей странице.
Гранулы активированного угля должны:
 - a. Обладать **твердостью**, чтобы противостоять абразивному износу (изготавливаются из скорлупы кокосового ореха)
 - b. Быть **крупными**, чтобы их можно было отделять от пульпы просеиванием (1-3 мм, 16-6 меш)
 - c. Иметь **большую** удельную поверхность.
3. **Извлечение активированного угля** осуществляется просеиванием на сите (крупность разделения 0,7 мм, 24 меш), при этом насыщенный раствором уголь выводится из системы пульпы.
4. **Десорбирование Au** это процесс удаления раствора золота путем «промывания» гранул активированного угля в определенном растворе (цианид + Na OH) при 135°C. (время пребывания в растворе 6-8 часов).
5. **Реактивация активированного угля** необходима после его промывания для восстановления активной поверхности гранул. Это осуществляется в сушильной печи при температуре 125° С.
6. **Разрушение цианида**, содержащегося в пульпе, уходящей из схемы CIP, осуществляется в мешалке с добавлением окислителя (обычно гипохлорида), чтобы перевести оставшийся цианид в безопасное **состояние**.
7. **Электролиз Au** осуществляется с электродами из спрессованной тонкой стальной стружки. Эти катоды затем направляются на плавку (8).

Обогащение

Выщелачивание золота – Метод CIP

Из схемы измельчения, обычно – 75 микрон (200 меш)

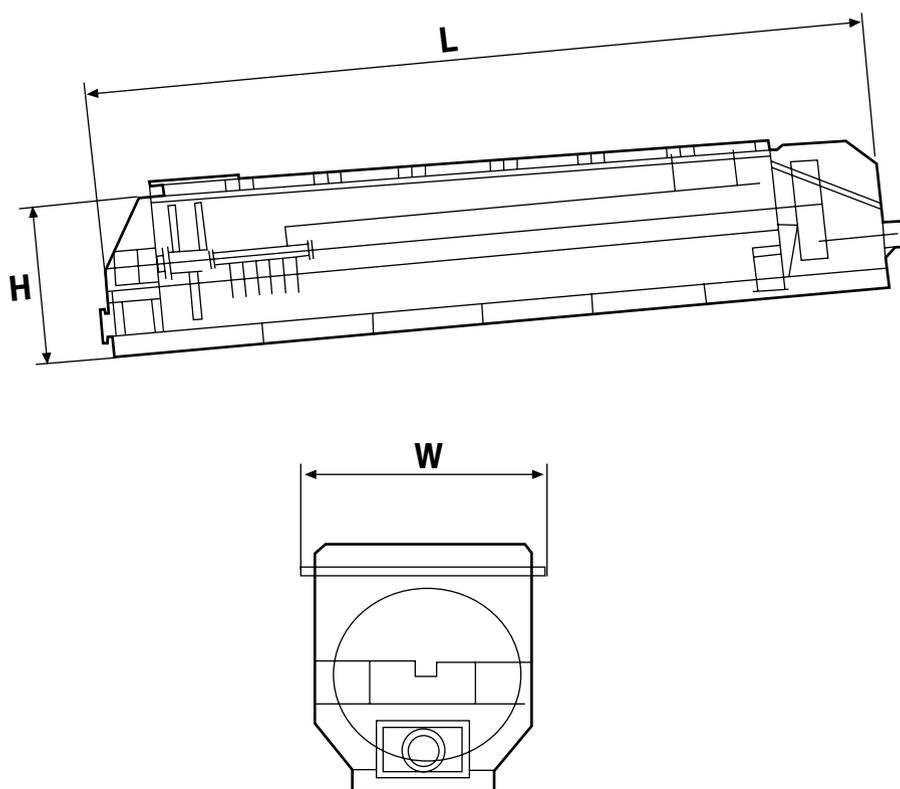


Перемешивание, см. 8:21.

Осаждение, см. 6:2.

Механическое обезвоживание, см. 6:20.

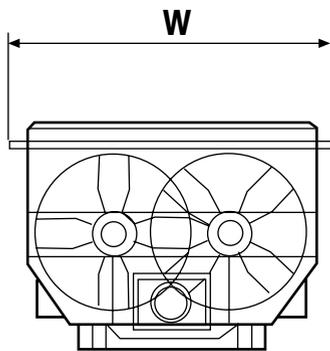
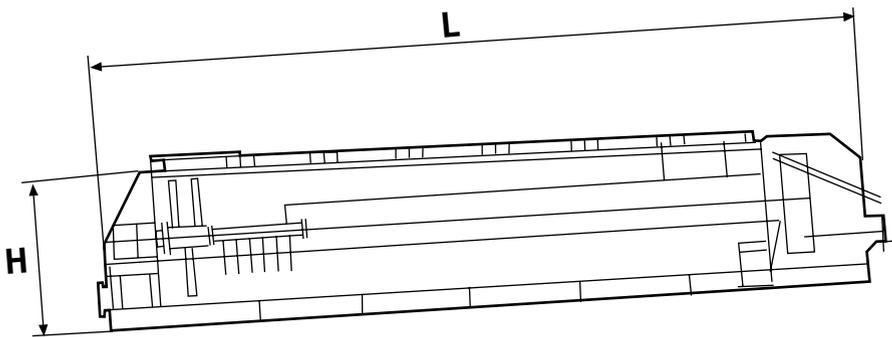
Корытная мойка - односпиральная



Модель	Н мм (дюйм)	L мм (дюйм)	W мм (дюйм)	Производительность	Мощность	Вес
				т/ч	кВт/л.с.	тонн
SW 520/1	870 (32)	3 144 (124)	750 (30)	8-10	3/4	1,4
SW 830/1	1 102 (43)	4 598 (181)	1 110 (44)	18-20	5,5/7,4	2,2
SW1140/1	1 430 (56)	5 940 (234)	1 410 (56)	35-45	11/15	3,5
SW1350/1	1 726 (68)	7 250 (285)	1 700 (67)	100-120	30/40	7,0

Максимальная крупность питания 32 мм (1,3 дюйм)

Наклон 6-8° вверх в направлении движения материала

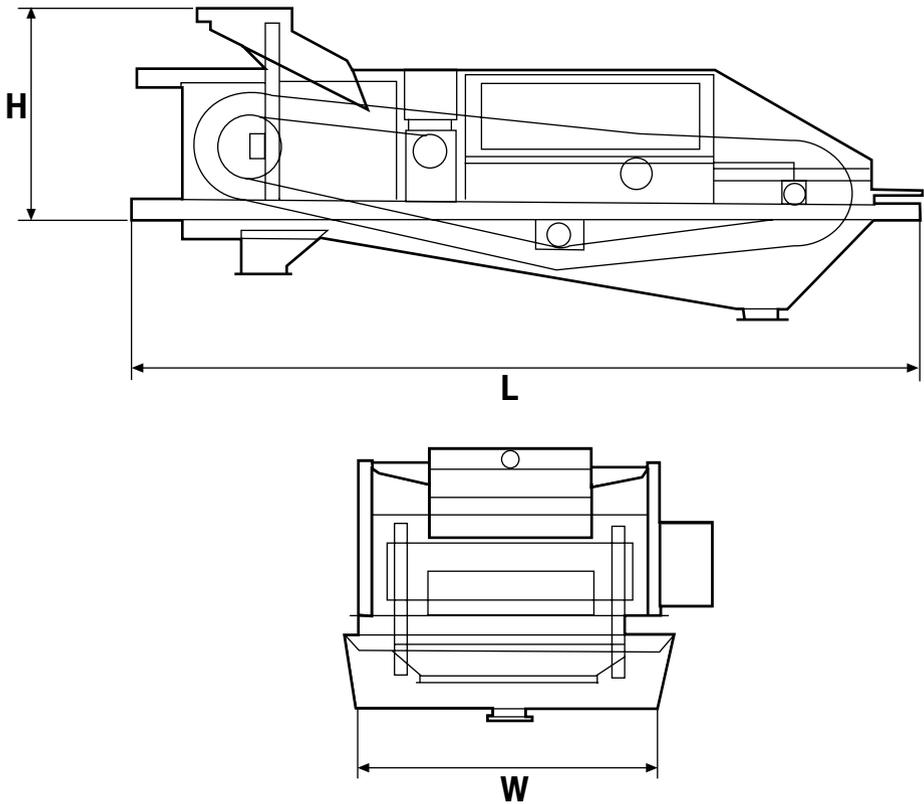
Корытная мойка - Двухспиральная

Модель	Н мм (дюйм)	L мм (дюйм)	W мм (дюйм)	Производительность	Мощность	Вес
				т/ч	кВт/л.с.	тонн
SW 830	1 096 (43)	4 500 (177)	1 640 (65)	40 - 50	2x7,5/2x10	3,8
SW 840	1 196 (47)	4 500 (177)	1 640 (65)	40 - 50	2x7,5/2x10	4,5
SW 952	1 300 (51)	6 500 (256)	1 900 (75)	60 - 70	2x11/2x15	6,2
SW 960	1 320 (52)	7 290 (287)	1 900 (75)	60 - 70	2x15/2x20	7,0
SW1140	1 426 (56)	5 500 (217)	2 110 (83)	110 - 120	2x11/2x15	5,9
SW1150	1 426 (56)	6 500 (256)	2 190 (86)	110 - 120	2x15/2x20	7,2
SW1160	1 426 (56)	7 290 (287)	2 190 (86)	110 - 120	2x18/2x24	8,5
SW1155	1 496 (59)	6 500 (256)	2 330 (92)	140 - 150	2x18/2x24	8,3
SW1165	1 496 (59)	7 350 (289)	2 330 (92)	140 - 150	2x22/2x30	9,5
SW1175	1 496 (59)	8 400 (331)	2 330 (92)	140 - 150	2x30/2x40	12,0
SW1250	1 720 (68)	6 680 (263)	2 500 (98)	180 - 200	2x22/2x30	9,6
SW1260	1 720 (68)	7 680 (302)	2 500 (98)	180 - 200	2x22/2x30	12,0
SW1270	1 720 (68)	8 680 (342)	2 500 (98)	180 - 200	2x30/2x40	14,0
SW1360	1 896 (75)	7 780 (306)	2 990 (118)	220 - 350	2x37/2x50	16,0
SW1370	1 896 (75)	8 780 (346)	2 990 (118)	220 - 350	2x45/2x60	18,5
SW1380	1 896 (75)	9 780 (385)	2 990 (118)	220 - 350	2x45/2x60	21,0

Максимальная крупность питания 32 мм (1,3 дюйм)

Наклон 6-8° вверх в направлении движения материала

Сепаратор Aquamator



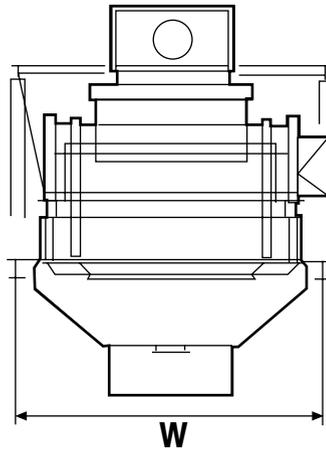
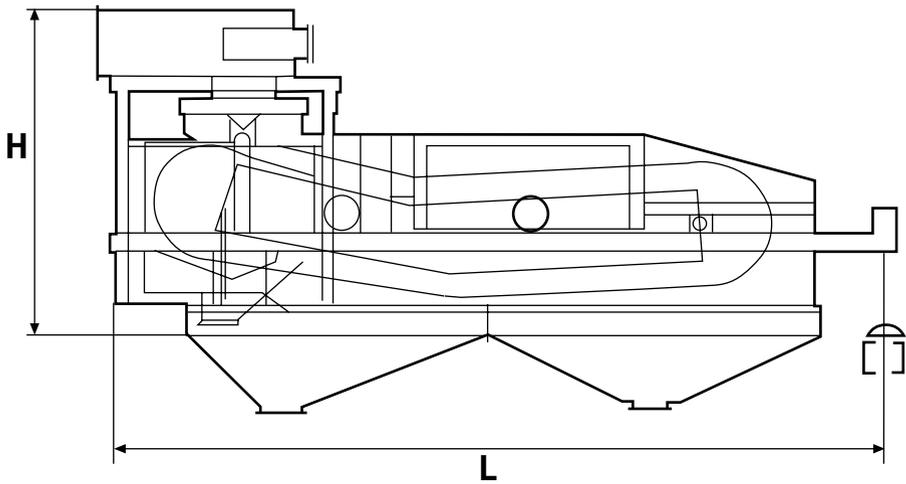
Обогащение

Модель	H мм (дюйм)	L мм (дюйм)	W мм (дюйм)	Производительность т/ч	Вода м ³ /ч (US гал/мин)	Мощность кВт / л.с.	Вес т
AK 3.5/0.8*	2 100 (83)	5 040 (198)	1 100 (43)	10-30	80 (352)	3/4	3,1
AK 3.5/1.2	2 100 (83)	5 040 (198)	1 500 (59)	30-60	100 (440)	3/4	3,5
AK 3.5/1.6	2 100 (83)	5 040 (198)	1 900 (75)	60-100	120 (528)	3/4	4,5
AK 3.5/2.0	2 100 (83)	5 040 (198)	2 300 (91)	90-140	140 (616)	4/5	5,8
AK 4.0/2.4	2 480 (83)	5 540 (218)	2 700 (106)	120-180	180 (793)	5.5/7	8,0

*AK 3.5/0.8, длина ленты=3,5м (12фут), длина ленты=0.8м (3фут), 1.2м (4фут), 1.6м (5.2фут), 2.0м (7фут), 2.4м (8фут)

AK 4.0, длина ленты 4.0 (13фут)

Сепаратор Hydrobelt

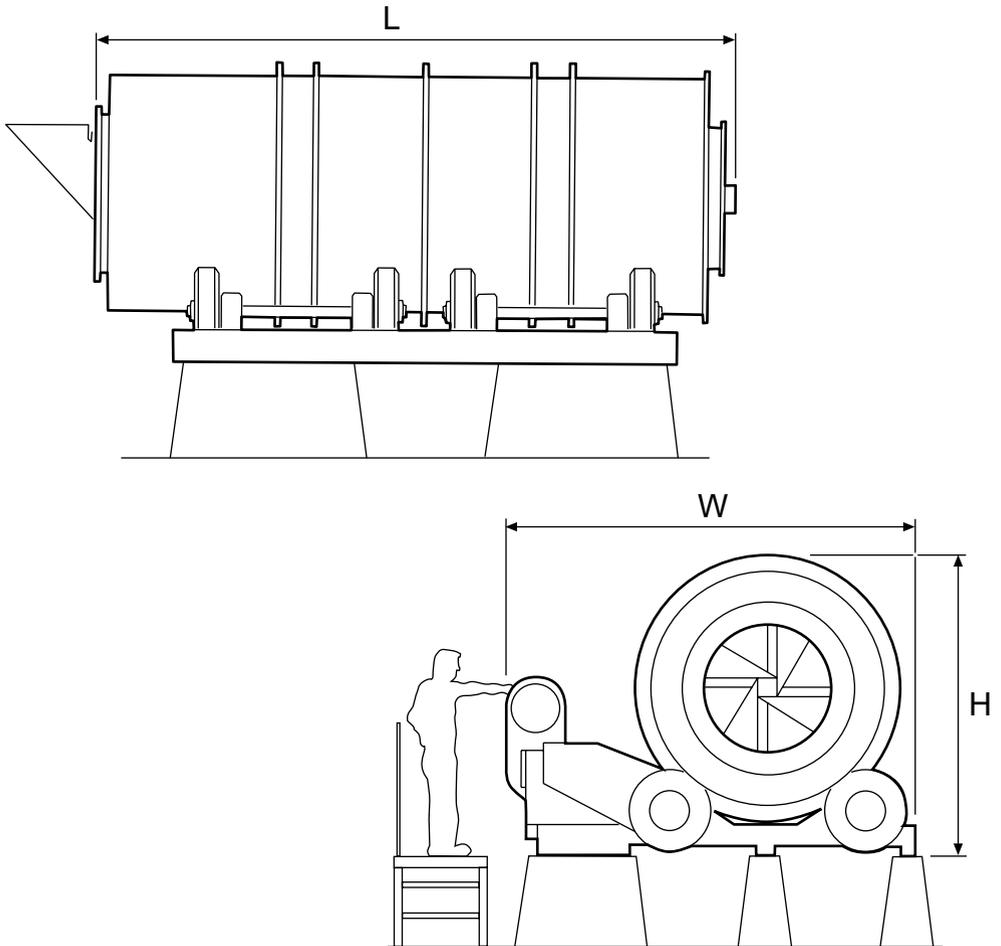


Модель	H мм (дюйм)	L мм (дюйм)	W мм (дюйм)	Производительность т/ч	Вода м ³ /ч (US гал/мин)	Мощность квт/л.с.	Вес т
AS 4.0/1.2*	2 230 (88)	5 540 (218)	1 700 (67)	40-80	160 (705)	4/5	3,9
AS 4.0/1.6	2 230 (88)	5 540 (218)	2 100 (83)	80-120	220 (970)	4/5	5,4
AS 4.0/2.0	2 230 (88)	5 540 (218)	2 500 (98)	120-150	300 (1 320)	4/5	6,9
AS 5.0/2.4	3 250 (1289)	6 540 (257)	2 900 (114)	150-180	450 (1 981)	7.5/10	11,9

*AS 4.0/1.2, длина ленты =4.0м (13фут), длина ленты=1.2м (4фут), 1.6м (5.2фут), 2.0м (7фут), 2.4м (8фут)

AS 5.0, длина ленты= 5.0м (16фут)

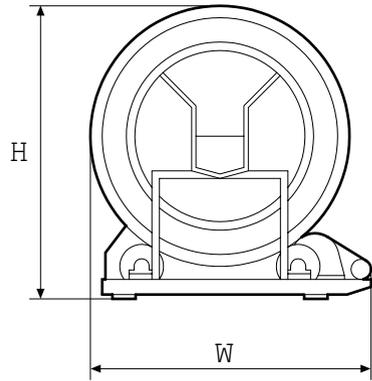
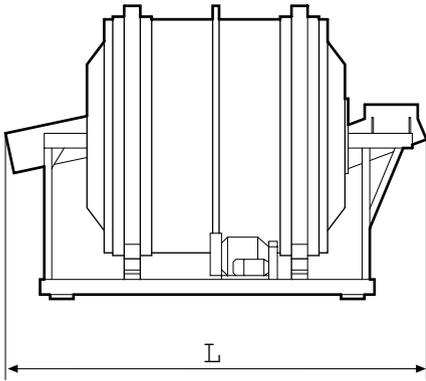
Баранный скруббер – LD



Обогащение

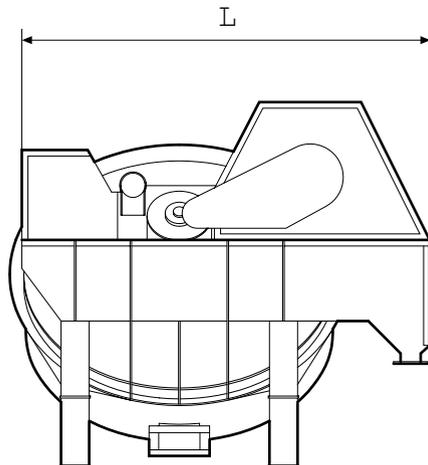
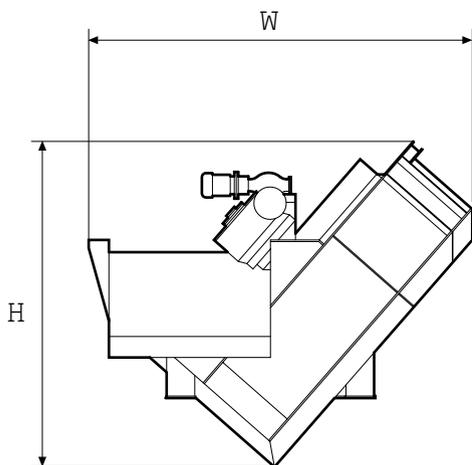
Номинальная скорость вращения 20 об/мин

Размер DxL м (фут)	H мм (дюйм)	Lмм (дюйм)	W мм (дюйм)	Производи- тельность т/ч	Промыв. вода м ³ /ч (US гал ³)	Мощность кВт/л.с.	Вес т
13x35(51x137)	2000(79)	3750(148)	2450(96)	35	35(154)	3.7/5	4.3
16x40(63x157)	2250(89)	4250(167)	2650(104)	50	60(264)	5.5/7	5.0
19X50(75x197)	2500(98)	5300(209)	3450(136)	110	110(484)	15/20	10.5
22x50(87x197)	2750(108)	5300(209)	3650(144)	160	150(660)	18.5/25	12.4
25x60(98x236)	3000(118)	6300(248)	4100(161)	220	220(969)	30/40	17.4

Барабанный сепаратор ТСС

Модель	Н мм (дюйм)	Л мм (дюйм)	W мм (дюйм)	Вес, т
RD 1.8x1.8	2 700 (106)	3 900 (154)	2 700 (102)	4,0
RD 2.4x2.4	3 200 (126)	5 200 (205)	3 000 (126)	8,0
RD 3.0x3.0	3 800 (150)	6 000 (236)	3 600 (142)	15,0
RD 3.6x3.6	4 400 (173)	7 000 (276)	4 200 (165)	23,0

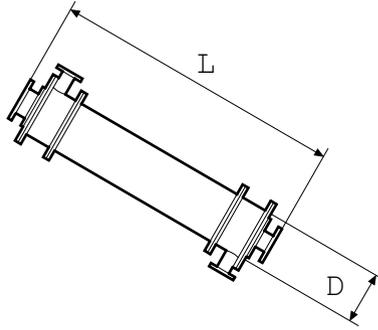
Колесный сепаратор ТСС – Drewboy



Обогащение

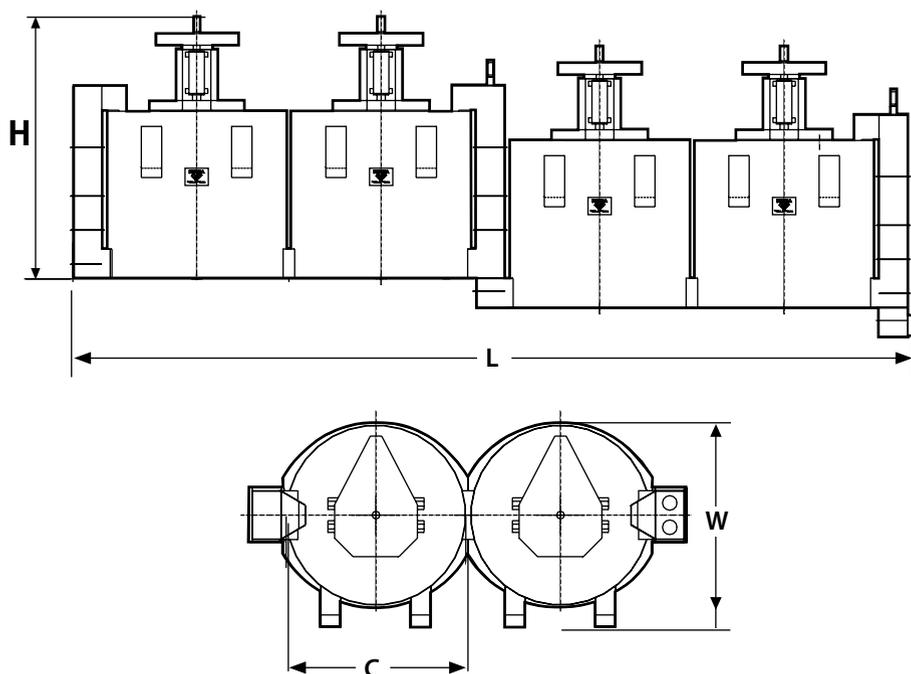
Модель	Н мм (дюйм)	Л мм (дюйм)	W мм (дюйм)
1.2	3 960 (156)	4 940 (194)	3 530 (139)
1.6	3 960 (156)	4 940 (194)	4 030 (159)
2.0	3 960 (156)	4 940 (194)	4 430 (174)
2.6	5 020 (198)	5 170 (204)	4 490 (177)
3.2	5 620 (233)	5 930 (233)	6 240 (246)

Сепаратор TCC– DynaWhirlpool



Модель	D мм (дюйм)	L мм (дюйм)	Вес кг (фунт)
DWP 9	290 (11)	1 575 (62)	410 (904)
DWP 12	366 (14)	1 800 (71)	614 (1 353)
DWP 15	458 (18)	1 955 (77)	860 (1 895)
DWP 18	521 (21)	2 075 (82)	1 410 (3 108)

Флотационная машина – RCS

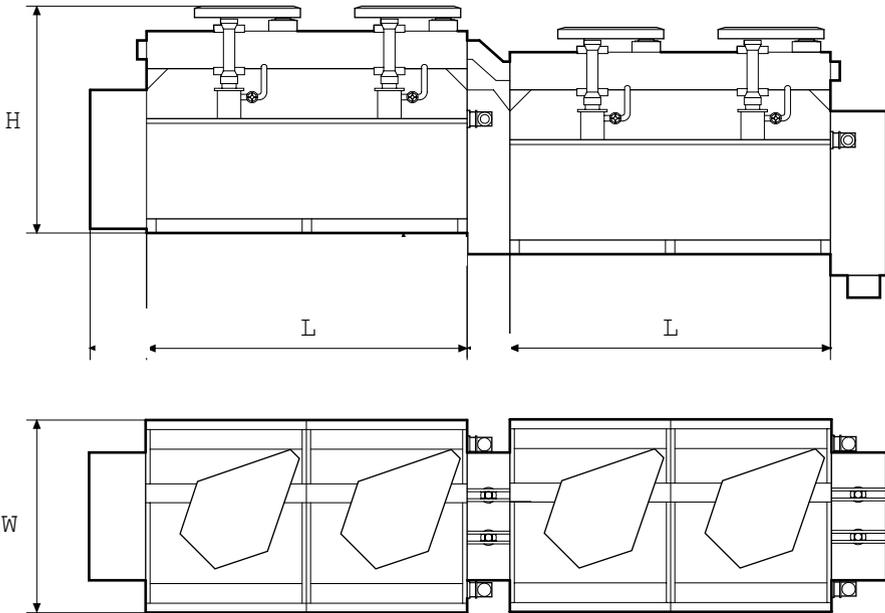


Модель	H ⁽¹⁾	L ⁽²⁾	W	C	Масса флотомашины в ⁽²⁾
	мм (дюйм)	мм (дюйм)	мм (дюйм)	мм (дюйм)	тоннах (тонн)
RCS 3	2780 (109)	8650 (341)	1930 (76)	1700 (67)	9.43 (10.37)
RCS 5	3020 (119)	9850 (388)	2230 (88)	2000 (79)	10.53 (11.58)
RCS 10	3610 (142)	12250 (482)	2850 (112)	2600 (102)	17.38 (19.12)
RCS 15	3990 (157)	14250 (561)	3320 (131)	3000 (118)	22.97 (25.27)
RCS 20	4610 (181)	15250 (600)	3680 (145)	3250 (128)	26.25 (28.88)
RCS 30	5375 (212)	17350 (683)	4150 (163)	3700 (146)	36.50 (40.15)
RCS 40	5780 (226)	19200 (756)	4410 (174)	4100 (161)	51.04 (56.14)
RCS 50	6100 (240)	20900 (823)	4870 (192)	4500 (177)	56.95 (62.65)
RCS 70	6690 (263)	23600 (929)	5450 (215)	5000 (197)	71.00 (78.10)
RCS 100	6510 (256)	26400 (1039)	6100 (240)	5600 (220)	92.28 (101.51)
RCS 130	6875 (271)	29050 (1144)	6650 (262)	6100 (240)	123.82 (136.2)
RCS 160	7495 (295)	30650 (1207)	7100 (280)	6500 (256)	145.49 (160.00)
RCS 200	8050 (317)	33050 (1301)	7600 (299)	7000 (276)	174.10 (191.40)

(1) С RCS 3 по RCS 70 – клиноременный привод, с RCS 100 по RCS 200 - редукторный привод

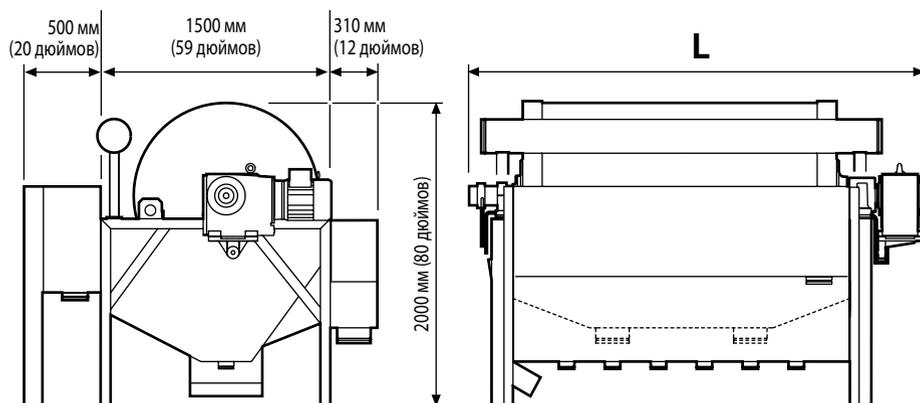
(2) 4-камерная флотомашина с компоновкой F-2-l-2-D, пустая

Флотационная машина – DR



Модель	Н мм (дюйм)	Л мм (дюйм)	W мм (дюйм)	Мощность кВт /л.с.
DR 8	1 118 (44)	483 (19)	406 (16)	1,1/1,5
DR 15	1 626 (64)	711 (28)	610 (24)	3,0/4,0
DR 18	1 829 (72)	914 (36)	813 (32)	5/7,0
DR 24	2 362 (93)	1 219 (48)	1 092 (43)	5,5/7,4
DR 100	2 718 (107)	1 575 (62)	1 575 (62)	7,5-11,0/10-15
DR 180	2 946 (116)	1 829 (72)	1 829 (72)	11-15/15-20
DR 300	3 302 (130)	2 235 (88)	2 235 (88)	18-22/24-30
DR 500	3 404 (134)	2 692 (106)	2 692 (106)	25-30/34-40
DR 1500	4 369 (172)	4 267 (168)	4 267 (168)	55/75

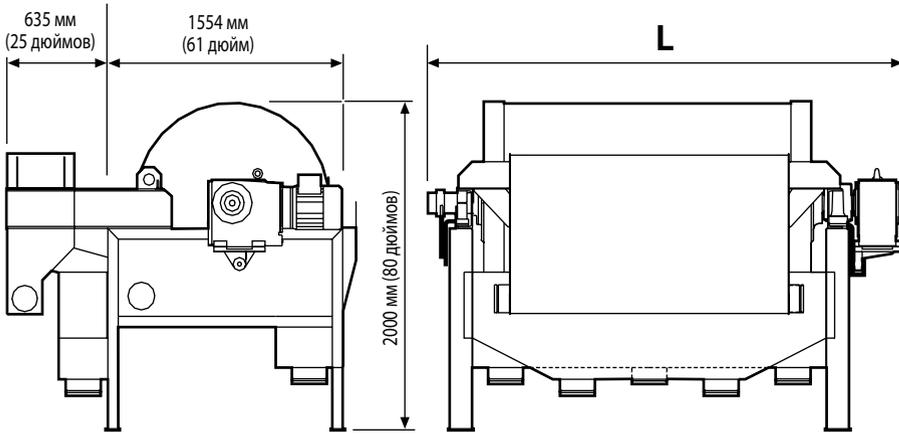
Мокрый сепаратор LIMS – с прямоточной ванной (CC)



Обогащение

Модель	Барабан мм (фут) DxL	L мм (дюйм)	Мощность кВт/л.с.	Вес (пустой) т
WS 1206 CC	1 200x600 (4x2)	1 770 (7)	4/5	1,9
WS 1212 CC	1 200x1 200 (4x4)	2 370 (93)	5,5/7,5	2,8
WS 1218 CC	1 200x1 800 (4x6)	2 970 (117)	7,5/10	3,6
WS 1224 CC	1 200x2 400 (4x8)	3 570 (141)	7,5/10	4,7
WS 1230 CC	1 200x3 000 (4x10)	4 218 (166)	7,5/10	5,6
WS 1236 CC	1 200x3 600 (4x12)	4 818 (190)	11/15	6,6

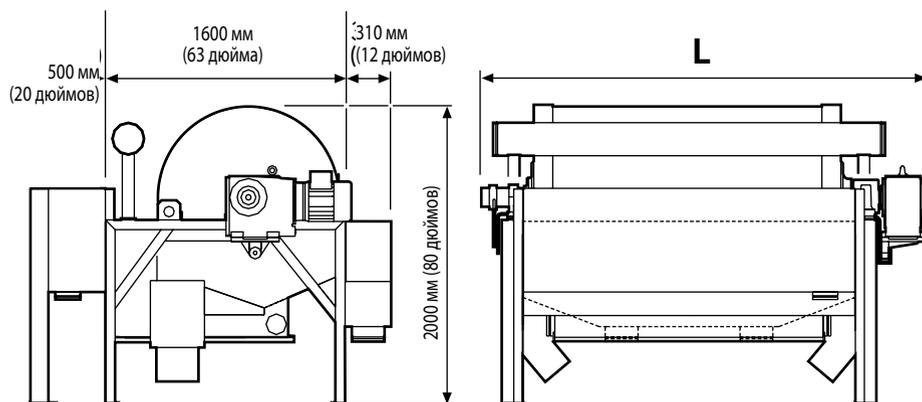
Мокрый сепаратор LIMS – с противоточной ванной (CR) (CRHG)



Обогащение

Модель	Барабан мм (фут) DxL	L мм (дюйм)	Мощность кВт/л.с.	Вес (пустой) т
WS 1206 CR	1 200x600 (4x2)	1 810 (71)	4/5	1,9
WS 1212 CR	1 200x1 200 (4x4)	2 410 (95)	5,5/7,5	2,8
WS 1218 CR	1 200x1 800 (4x6)	3 010 (119)	7,5/10	3,6
WS 1224 CR	1 200x2 400 (4x8)	3 610 (142)	7,5/10	4,7
WS 1230 CR	1 200x3 000 (4x10)	4 218 (166)	7,5/10	5,6
WS 1236 CR	1 200x3 600 (4x12)	4 818 (190)	11/15	6,6

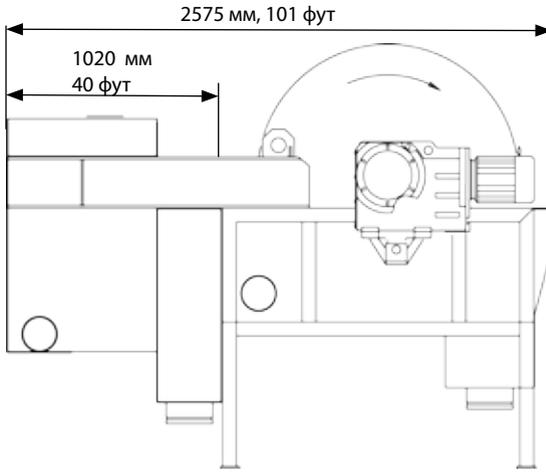
Мокрый сепаратор LIMS – с полупротивоточной ванной (СТС)



Обогащение

Модель	Барабан мм (фут) DxL	L мм (дюйм)	Мощность кВт/л.с.	Вес (пустой) т
WS 1206 СТС	1 200x600 (4x2)	1 810 (71)	4/5	1,9
WS 1212 СТС	1 200x1 200 (4x4)	2 410 (95)	5,5/7,5	2,8
WS 1218 СТС	1 200x1 800 (4x6)	3 010 (119)	7,5/10	3,6
WS 1224 СТС	1 200x2 400 (4x8)	3 610 (142)	7,5/10	4,7
WS 1230 СТС	1 200x3 000 (4x10)	4 218 (166)	7,5/10	5,6
WS 1236 СТС	1 200x3 600 (4x12)	4 818 (190)	11/15	6,6

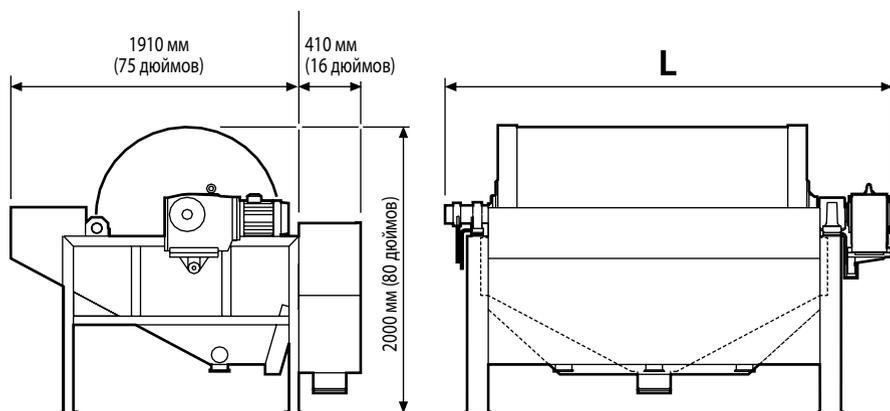
Магнитный сепаратор низкой напряженности LIMS для мокрых процессов - Пенный сепаратор (DWHG)



Обогащение

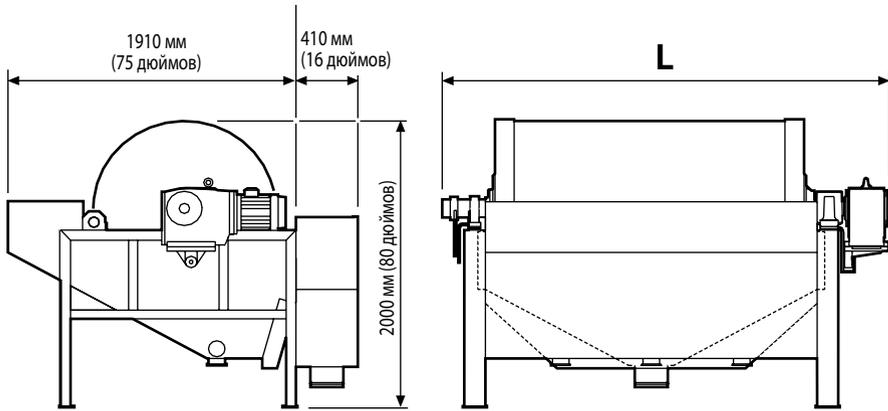
Модель	Барабан мм (фут) DxL	L мм (дюйм)	Мощность кВт/л.с.	Вес (пустой) т
WS1206 DWHG	1 200 x 600 (4 x 2)	1 810 (71)	1.5/2.0	2.3
WS1212 DWHG	1 200 x 1 200 (4x4)	2 410 (95)	2.2/3.0	3.0
WS1218 DWHG	1 200 x 1 800 (4x6)	3 010 (119)	3.0/4.0	3.8
WS1224 DWHG	1 200 x 2 400 (4x8)	3 610/142)	3.0/4.0	4.5
WS1230 DWHG	1 200 x 3 000 (4x10)	4 218 (166)	4.0/5.0	5.4
WS1236 DWHG	1 200 x 3 600 (4 x 12)	4 818 (190)	4.0/5.0	6.0

Мокрый сепаратор LIMS – для извлечения утяжелителя (DM)



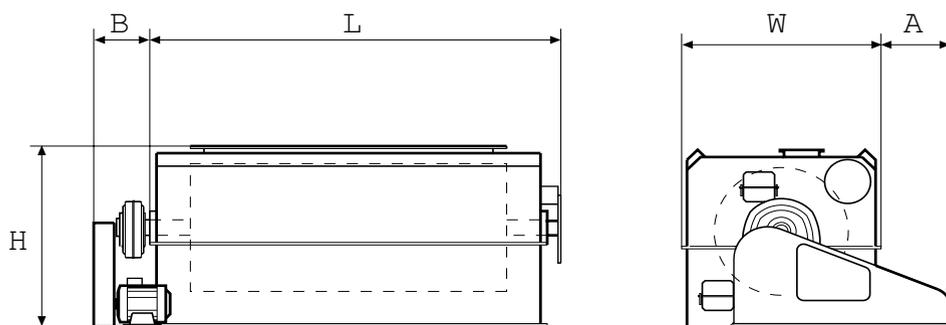
Модель	Барабан мм (фут) DxL	L мм (дюйм)	Мощность кВт/л.с.	Вес (пустой) т
WS 1206 DM	1 200x600 (4x2)	1 810 (71)	1,5/2,0	2,1
WS 1212 DM	1 200x1 200 (4x4)	2 410 (95)	2,2/3,0	2,9
WS 1218 DM	1 200x1 800 (4x6)	3 010 (119)	3,0/4,0	3,6
WS 1224 DM	1 200x2 400 (4x8)	3 610 (142)	3,0/4,0	4,3
WS 1230 DM	1 200x3 000 (4x10)	4 218 (166)	4,0/5,0	5,0
WS 1236 DM	1 200x3 600 (4x12)	4 818 (190)	4,0/5,0	5,8

Мокрый сепаратор LIMS – для извлечения утяжелителя (DMHG)



Модель	Барабан мм (фут) DxL	L мм (дюйм)	Мощность кВт/л.с.	Вес (пустой) т
WS1206 DMHG	1 200x600 (4x2)	1 810 (71)	1,5/2,0	2,1
WS1212 DMHG	1 200x1 200 (4x4)	2 410 (95)	2,2/3,0	2,9
WS1218 DMHG	1 200x1 800 (4x6)	3 010 (119)	3,0/4,0	3,6
WS1224 DMHG	1 200x2 400 (4x8)	3 610 (142)	3,0/4,0	4,3
WS1230 DMHG	1 200x3 000 (4x10)	4 218 (166)	4,0/5,0	5,0
WS1236 DMHG	1 200x3 600 (4x12)	4 818 (190)	4,0/5,0	5,8

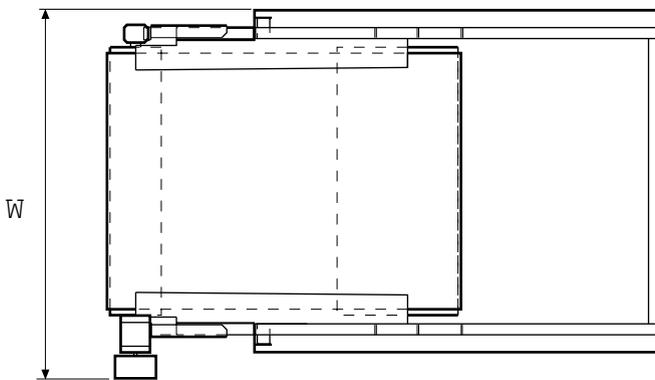
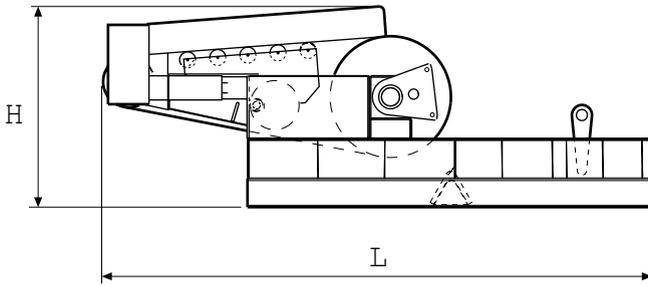
Сухой сепаратор LIMS – Барабанный – (DS)



Модель	Барабан мм (фут) DxL	H мм (дюйм)	L мм (дюйм)	W мм (дюйм)	Мощность кВт/л.с.	Вес т
DS 903	916x300 (3x1)	1 400 (55)	1 242 (49)	1 360 (54)	4,0/5,5	1,2
DS 906	916x600 (3x2)	1 400 (55)	1 550 (61)	1 360 (54)	4,0/5,5	1,6
DS 912	916x1 200 (3x4)	1 400 (55)	2 166 (85)	1 360 (54)	5,5/7,5	2,5
DS 915*	916x1 500 (3x5)	1 400 (55)	2 474 (97)	1 360 (54)	5,5/7,5	2,9
DS 918	916x1 800 (3x6)	1 400 (55)	2 782 (110)	1 360 (54)	7,5/10	3,2
DS 924	916x2 400 (3x8)	1 400 (55)	3 398 (134)	1 360 (54)	7,5/10	3,9
DS 1206	1200x600 (4x2)	1 670 (66)	1 550 (61)	1 844 (73)	5,5/7,5	1,8
DS 1212	1200x1 200 (4x4)	1 670 (66)	2 166 (85)	1 844 (73)	5,5/7,5	2,8
DS 1215*	1200x1 500 (4x5)	1 670 (66)	2 474 (97)	1 844 (73)	7,5/10	3,2
DS 1218	1200x1 800 (4x6)	1 670 (66)	2 782 (110)	1 844 (73)	7,5/10	3,5
DS 1224	1200x2 400 (4x8)	1 670 (66)	3 398 (134)	1 844 (73)	11/15	3,9
DS 1230	1200x3 000(4x10)	1 670 (66)	4 014 (158)	1 844 (73)	11/15	5,0

*Макс. длина – высокооборотный пластмассовый барабан

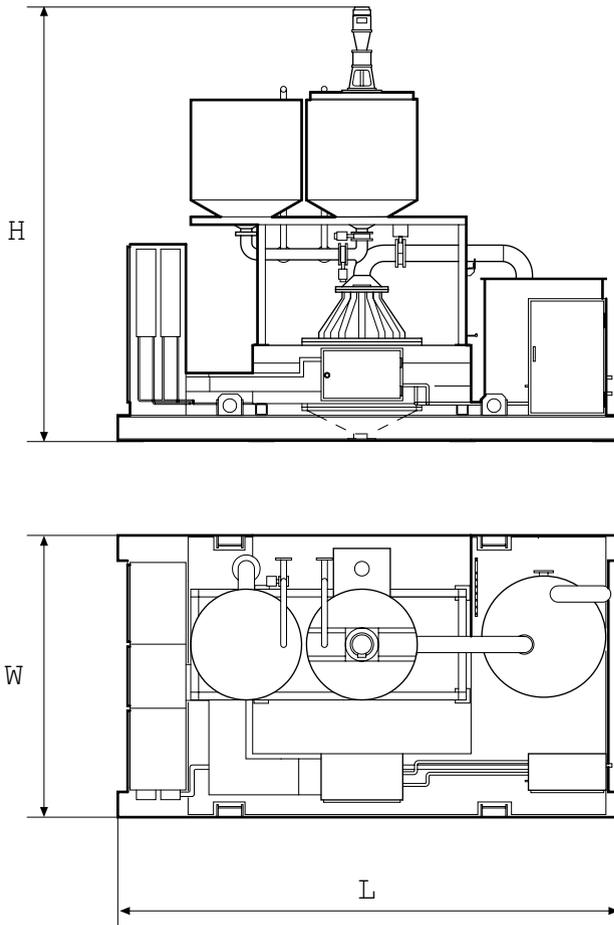
Сухой сепаратор LIMS – Ленточный (BSA и BSS)



Обогащение

Модель	Барaban мм (фут) DxL	H мм (дюйм)	L мм(дюйм)	W мм(дюйм)	Мощность кВт/л.с.	Вес т
BS 1206	1200x600 (4x2)	2 000 (79)	4 360 (172)	1 800 (71)	5,5/7,5	2,1
BS 1212	1200x1 200 (4x4)	2 000 (79)	4 360 (172)	2 400 (95)	7,5/10	3,8
BS 1218	1200x1 800 (4x6)	2 000 (79)	4 360 (172)	3 000 (118)	7,5/10	5,6
BS 1224	1200x2 400 (4x8)	2 000 (79)	4 360 (172)	3 600 (142)	7,5/10	7,5
BS 1230	1200x3 000 (4x10)	2 000 (79)	4 360 (172)	4 200 (166)	11/15	9,3

Мокрый сепаратор HGMS циклического действия



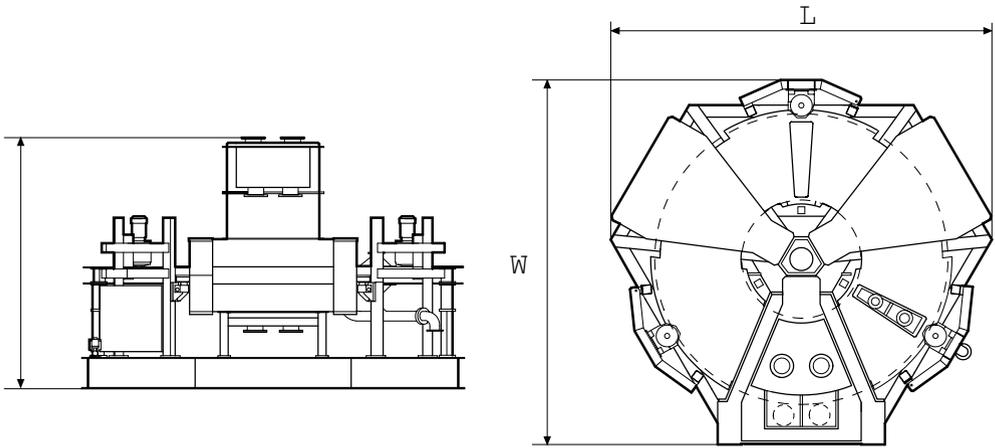
Модель	H мм (фут)	L мм (фут)	W мм (фут)	Мощность (магнита) кВт	Вес (пустой) т	Площадь матрицы м ² (фут ²)
38-15-10*	4 000 (13)	3 800 (12)	2 450 (8)	40	10	0,11 (1,18)
56-15-10	4 100 (13)	4 000 (13)	2 450 (8)	46	13	0,19 (2,05)
76-15-10	4 100 (13)	4 200 (14)	2 450 (8)	53	14	0,43 (4,63)
107-15-10	4 380 (14)	5 150 (17)	2 900 (10)	63	26	0,85 (9,15)
152-15-10	**	**	**	80	46	1,75 (18,84)
214-15-10	**	**	**	103	**	3,42 (36,81)
305-15-10	**	**	**	-	**	7,30 (78,58)

*38-15-10= 38(Наружный диаметр в см)-15(высота матрицы в см)-10 (номинальная магнитная индукция в килогауссах)

Выпускаются с магнитной индукцией 5,10,15 и 20 кГс

** Зависит от конкретной рабочей площадки.

Мокрый сепаратор HGMS карусельного типа



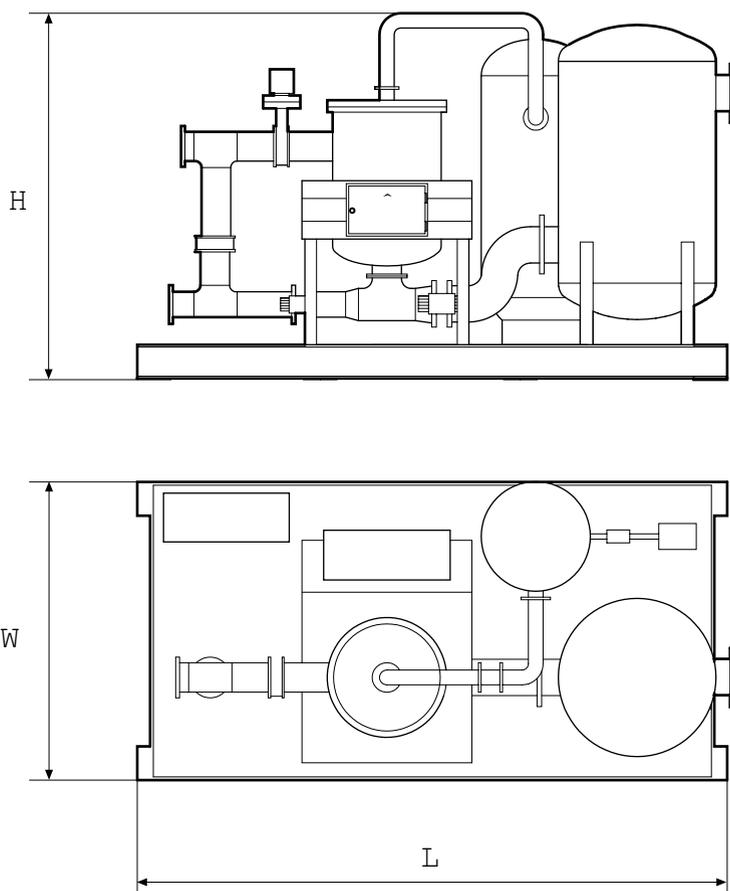
Обогащение

Модель	H мм (фут)	L мм (фут)	W мм (фут)	Мощность/головка кВт	Вес/рамы т	Вес/головки т
120-10 (2)*	2 800 (9)	2 600 (9)	2 200 (7)	75	6	3
120-15 (2)	2 800 (9)	2 600 (9)	2 200 (7)	175	5	5
185-7 (2)	3 600 (12)	4 100 (13)	3 700 (12)	65	10	9
185-10 (2)	3 600 (12)	4 100 (13)	3 700 (12)	85	10	18
185-15 (2)	3 600 (12)	4 100 (13)	3 700 (12)	200	10	31
250-5 (2)	3 600 (12)	6 300 (21)	4 500 (15)	40	20	22
250-7 (2)	3 600 (12)	6 300 (21)	4 500 (15)	75	20	32
250-10 (2)	3 600 (12)	6 300 (21)	4 500 (15)	120	20	54
250-15 (2)	3 600 (12)	6 300 (21)	4 500 (15)	260	20	95
350-5 (3)	4 600 (15)	7 000 (23)	7 500 (25)	78	40	26
350-7 (3)	4 600 (15)	7 000 (23)	7 200 (24)	136	40	37
350-10 (3)	4 600 (15)	7 200 (24)	7 200 (24)	165	40	66
350-15 (2)	4 600 (15)	8 200 (27)	7 000 (23)	326	40	120

*120-10 (2)=120 (диаметр кольца в см)-10(номинальная магнитная индукция для головки, кГс)
(2) число магнитных головок

Номинальная производительность/головка: 120-6т/ч, 185-35т/ч, 250-107т/ч, 350-150т/ч.

**Магнитный фильтр с высоким градиентом магнитного поля
– HGMF**



Обогащение

Модель	H мм (фут)	L мм (фут)	W мм (фут)	Мощность(магн.) кВт	Площадь матрицы м ² (фут ²)
38-15-3*	1 905 (6)	3 048 (10)	1 321 (4)	9	0,07 (0,8)
45-15-3	2 032 (7)	3 556 (12)	1 524 (5)	12	0,11 (1,2)
56-15-3	2 210 (7)	4 064 (13)	1 829 (6)	12	0,19 (2,0)
76-15-3	2 464 (8)	4 115 (14)	1 829 (6)	24	0,43 (4,6)
107-15-3	3 073 (10)	5 588 (18)	1 981 (7)	24	0,85 (9,15)
152-15-3	**	**	**	28	1,75 (18,84)
214-15-3	**	**	**	37	3,42 (36,81)

*38-15-3= 38 (наружный диаметр в см)-15 (высота матрицы в см) -3 (номинальная магнитная индукция в кГс)

Выпускаются с магнитной индукцией 3,5,10,15 и 20 кГс

** Зависит от конкретной рабочей площадки

Доводка – Введение

Под доводкой следует понимать дальнейшую обработку конечных продуктов, полученных на стадии обогащения и далее.

Доводка касается как полезных минералов (концентрата), так и так и минеральных отходов (хвостов).

В первом случае, доводка означает улучшение качества продукта путем приведения концентрата в состояние, пригодное для транспортирования, или в полностью сухую форму. Обработка может продолжаться и далее – до обжига и агломерации.

Доводка хвостов означает надлежащую обработку материала отходов (промывочной воды, технологических стоков и т.п.) с целью защиты окружающей среды, для восстановления технологической воды и для превращения определенной части отходов в полезный материал.

Методы доводки

Седиментация

Осветление/Сгущение (Стандартное)
Осветление/Сгущение (Компактное)

Механическое обезвоживание

Гравитационное
При низком давлении
При среднем давлении
Под высоким давлением

Термическая сушка

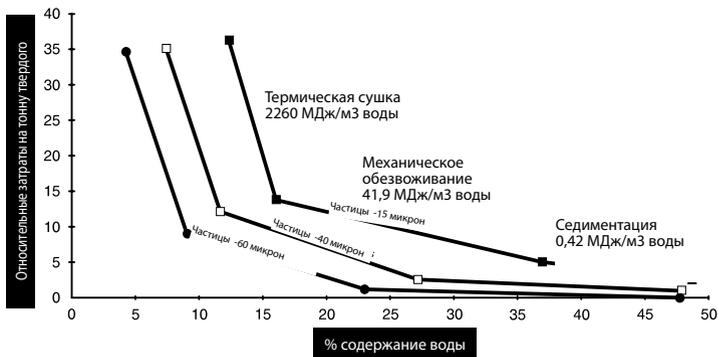
Прямого нагрева
Непрямого нагрева

Термическая обработка

Обжиг
Агломерация (окатывание)

Эксплуатационные затраты при доводке

Доводка требует затрат, которые тем больше, чем больше энергии затрачивается на удаление технологической воды (или технологической жидкости).



Выше приведены кривые, которые всегда необходимо принимать во внимание, когда производится выбор оборудования схемы доводки для сушки концентрата или выведения в отходы промывочных стоков. Правила здесь простые!

1. Можно ли обойтись только седиментацией? Если нет, то чего можно достичь седиментацией, чтобы таким образом сэкономить средства на следующей стадии обезвоживания?
2. Чего можно достичь механическим обезвоживанием? Можно ли сэкономить средства на стадии термической обработки за счет увеличения давления при обезвоживании?
3. Если материал крупнозернистый, то может ли помочь гравитационное обезвоживание? Затраты будут близки к затратам на осаждение.
4. Если требуется термическое обезвоживание, то можно ли сэкономить энергию за счет увеличения эффективности механического обезвоживания?

Доводка

Седиментация

Седиментация это непрерывный процесс разделения твердой и жидкой фазы с осаждением твердой фазы за счет силы тяжести. **Осветление** это процесс удаления твердой фазы из разбавленной суспензии. **Сгущение** это процесс концентрирования частиц в суспензии путем их уплотнения за счет силы тяжести.

Флокуляция

Все технологические процессы седиментации связаны с размером частиц. Поэтому, одним из способов увеличения скорости осаждения, в общем случае, является увеличение размеров частиц.

Мелкие частицы могут быть соединены вместе за счет коагуляции или флокуляции. Скорость оседания агрегированных частиц будет выше, чем скорость оседания каждой отдельной частицы.

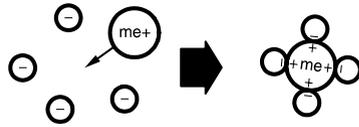
Коагуляция: Поверхностные заряды нейтрализуют добавлением химических реагентов противоположного заряда..

Пример:

Fe^{+++} (сульфат железа)

Al^{+++} (сульфат алюминия)

Ca^{++} (известь)



Агрегат, полученный коагуляцией, будет восстанавливаться заново после разрыва связей (например, при перекачивании).

Флокуляция: При флокуляции полимеры своими молекулярными цепочками физически связывают частицы вместе (механическая связь)

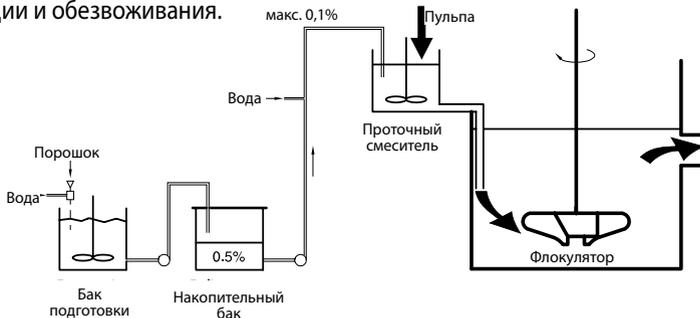
Агрегат, полученный флокуляцией, после разрыва связей восстанавливаться не будет.



Система флокуляции

Для применения флокулянта необходима некоторая система подготовки.

В ней должна быть предусмотрена возможность смешивать, хранить и разбавлять полимер. Разбавленный полимер затем перемешивают с пульпой питания и дают возможность дойти до кондиции (созреть), прежде чем осуществлять процесс седиментации и обезвоживания.

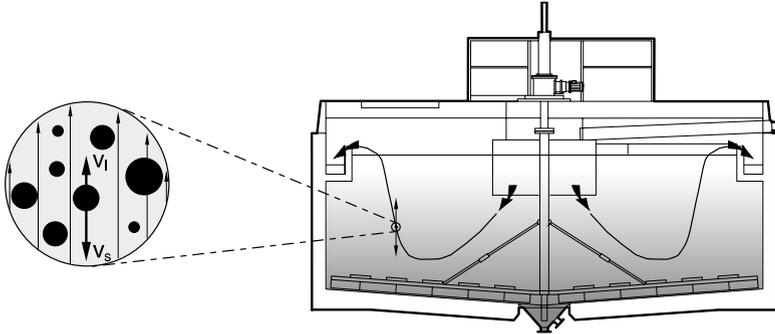


Флокуляция - дозировка и время перемешивания

Применение	Флокулянт	Время перемешивания мин	Дозировка (г/м ³)
Вода пескомойки	анионный или неионный	0,5 - 1	0,5 - 5
Дымовой газ	анионный	1 - 3	0,5 - 2
Вода скруббера (сталеплавильн.завод)	анионный	0,5 - 2	0,5 - 2
Угольные хвосты	неионный или катионный	0,5 - 1	2 - 10
Минеральные хвосты	анионный	0,5-1	1-5

Стандартный осветлитель

Освещение достигается, когда скорость «восхождения» жидкой фазы V_L меньше, чем скорость оседания твердой фазы V_S



Стандартные осветлители - Выбор типоразмера

Диаметр осветлителя выбирают так, чтобы получить подходящую скорость восходящего потока (м/ч). Это также выражают величиной «нагрузки на поверхность», показывающей, какой объем пульпы м³/ч подается на м² поверхности осветлителя. Ниже приведены типичные значения площади поверхности.

Нагрузка на поверхность Материал	Питание %	Нагрузка на поверхность (м ³ /м ² , ч)	Нагрузка на поверхность (фут ³ фут ² , мин)
Очистка рассола	0,1-2	0,5-1,2	0,03-0,07
Угольные отходы	0,5-6	0,7-1,7	0,04-0,09
Мелочь обогащенного угля	-	1,0-1,9	0,06-0,10
Магнетит утяжелителя	20-30	6-7,5	0,32-0,41
Колошник. пыль, домен. печей	0,2-2	1,5-3,7	0,08-0,20
Колошниковая пыль, BOF	0,2-2	1,0-1,7	0,06-0,09
Магнезия	0,5	0,6-1,2	0,03-0,07 (с флокуляцией)
Стоки литейного производства	1,0	0,7-1,0	0,04-0,06 (с флокуляцией)
Стоки гальванич. производства	2-5	1,2	0,07
Зеленый щелок	0,2	0,8	0,04
Десульфуризация гипса	1-3	1-2	0,06-0,12
Вода пескомойки	1-5	0,3-1	0,02-0,06 (без флокуляции)
	1-5	1-4	0,06-0,22 (с флокуляцией)
Хвосты флотации руд	10-20	0,1-0,3	0,005-0,02 (без флокуляции)
	10-20	0,5-1,5	0,03-0,08 (с флокуляцией)

Пример

Промывочная вода (100 м³/ч), поступающая с песковой операции, требует промывки. Нагрузка на поверхность составляет 0,5 м³/ч/м². Выбрать диаметр осветлителя.

Потребная площадь: $100/0,5 = 200 \text{ м}^2 = \frac{\pi d^2}{4} = 200$, где d - требуемый диаметр = 15,9.

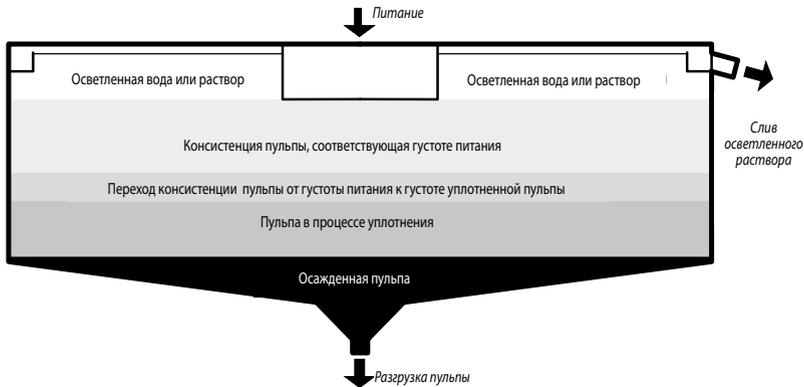
Выбираем осветлитель с чаном диаметром 16 м!

Примечание! Когда сгущение также является важной составляющей процесса седиментации, выбранный диаметр чана необходимо сверить с диаметром для работы чана в качестве сгустителя, см. следующую страницу.

Доводка

Стандартный сгуститель

Непрерывное сгущение с целью создания требуемой концентрации твердого в нижнем продукте зависит от соотношения объемного расхода твердого при критической концентрации и диаметра сгустителя.



Стандартные сгустители - Выбор типоразмера

Выбор сгустителя основывается на понятии удельной площади сгущения - которая определяется, как площадь сгустителя m^2 , которая требуется на т/ч твердого. Ниже приведены типичные данные удельной площади сгущения.

Осветление/ сгущение – проверка выбора (метрич.)

Осветление и сгущение это лишь названия процесса. Само оборудование может быть использовано для обеих целей. В таком случае приходится производить выбор площади чана для каждой из этих задач, и из двух полученных значений выбирать большее.

Пример: Концентрат Си ($k_{80}=80$ мкм), 10 т/ч или $18m^3/ч$

Нагрузка на поверхность (с флокуляцией) = 1.5 м/ч

Удельная площадь сгущения = $2 m^2/(т/ч)$

Площадь осветления = $18 / 1.5 = 12 m^2$

Площадь сгущения = $10 \times 2 = 20 m^2$

Выбираем осветлитель/ сгуститель площадью $20m^2$, диаметром 5 м.

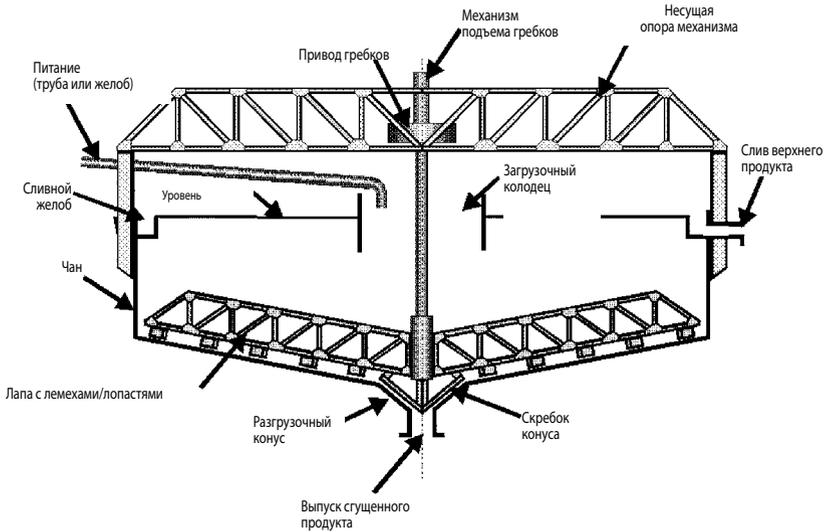
Применение		Питание твердого (% w/w)	Нижн. продукт твердого (% w/w)	Удельная площадь сгущения ($m^2 / (т/ч)$)	($фут^2/кор.т \times 24ч$)
Ni-концентрат	k_{80} 35 мкм	27	65	3,5	1,6
Апатитовый конц.	k_{70} 74 мкм	27	60	10,5	5
Кальцитовый конц.	k_{80} 180 мкм	30	60	0,07	0,03
Бокситы	k_{25} 100 мкм	10	40	420	188
Фосфатный конц.	k_{80} 60 мкм	18	70	25	11
Хвосты сульфидных руд	k_{80} 90 мкм	40	57	7	3
Хвосты железной руды	k_{80} 70 мкм	12	50	60	27
Молибденовый концентрат		10	30	20-35	9-16
Fe-концентрат	k_{80} 130 мкм	30	75	4	2
Пирит	k_{80} 40 мкм	19	65	26	11,5
Си-концентрат	k_{80} 80 мкм	40	75	2	1
Zn-концентрат	k_{80} 90 мкм	20	68	0,7	0,3
Pb-концентрат		20-25	60-80	15-30	6,5-13

Стандартные осветлители/сгустители – Конструкция

Мостового типа

В сгустителях меньшего габарита, диаметром 30 – 40 м, гребки и механизм привода поддерживаются верхней, мостовой конструкцией, которая охватывает чан, как показано на рисунке.

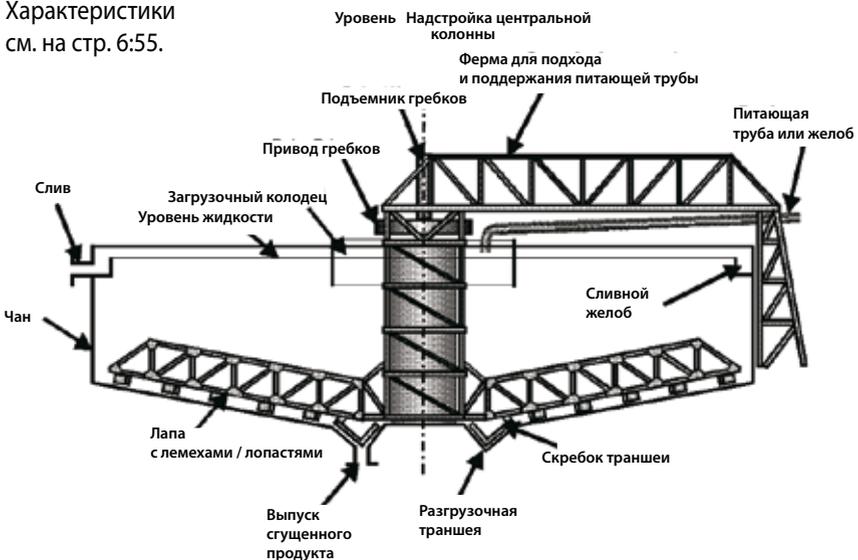
Характеристики см. на стр. 6:54.



Конструкция с центральной колонной

Для чанов диаметром 30-40 м мостовая конструкция непрактична. Поэтому, гребки и механизм поддерживаются центральной колонной, а мост используется только для доступа к колонне и для поддержания питающей трубы и желоба.

Характеристики см. на стр. 6:55.



Возможные варианты конструкции

Чан высотой до 20 м над уровнем земли с выпуском сгущенного продукта на уровне земли. Чан высотой более 20 м со сливом на уровне земли с выпуском сгущенного продукта в тоннеле.

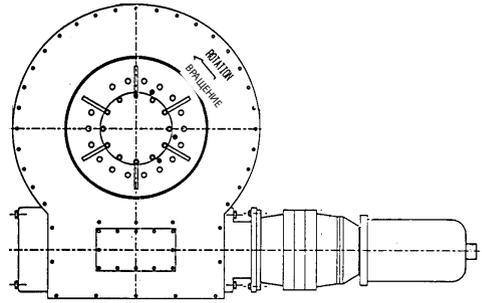
Механизм привода

Для установки на мостовой ферме и на центральной колонне. Варианты с автоматической системой подъема гребков и без нее..

Автоматический контроль момента нагрузки.

Подшипник в виде опорноповоротного круга, приспособленный к неуравновешенным нагрузкам на гребки.

Червячный привод с многоступенчатым планетарным редуктором.



Приводы стандартных осветлителей/сгустителей – Определения момента нагрузки

Момент 10-летней наработки Момент нагрузки, при котором расчетный срок службы до износа приводной головки составит 10 лет (также называется эквивалентным моментом).

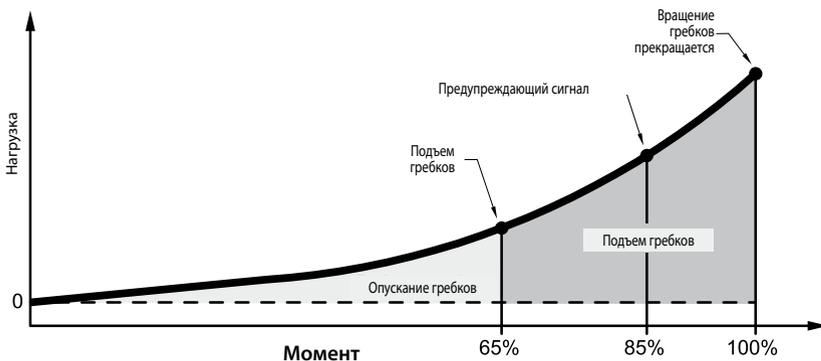
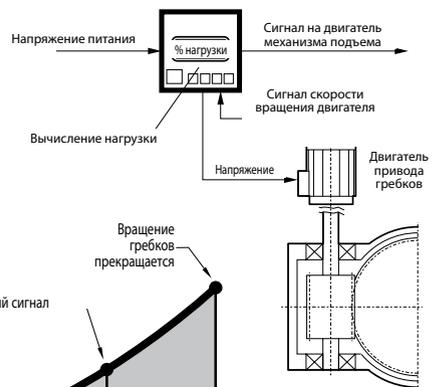
Момент отключения Обеспечивает номинальный срок службы до износа 3000 часов. Приблизительно равен тройному «моменту 10-летней наработки». Если система контроля обнаружит момент, превышающий этот уровень, то приводная головка будет остановлена и будет включена аварийная сигнализация с целью защиты гребков.

Пиковый момент Максимальный практический момент. Приблизительно равен двойному «моменту отключения».

Стандартные осветлители/сгустители – Управление

Момент измеряется электронным способом и контролируется. Увеличение момента является признаком того, что растет нагрузка от твердой фракции в сгустителе.

Это может указывать на наличие проблемы в технологическом процессе (изменение питания, засорение выпуска и т.п.). Во всех таких случаях гребки и привод должны быть защищены.



Привод стандартного осветлителя/сгустителя – Выбор типоразмера

Классификация режимов работы

	Очень легкий	Легкий	Стандартный	Тяжелый	Очень тяжелый режим
Сепарация/Осветление				Сгущение	
Классификация	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Нагрузка по твердой фракции					
м ² /т/ч	>120	48-120	7-48	4-7	<4
фут ² /кор.т/сут	>50	20-50	3-20	1.5-3	<1.5
Концентрация сгущенного продукта					
% твердого					
по весу	<5	5-30	30-60	>60	>60
Плотность					
сухого твердого	<2.5	<2.5	2.0-3.5	3.0-4.5	>4.0

Примеры режимов работы

- (1) Водоочистка, осветление речной или озерной воды, гидоксиды металлов, осветление рассола.
- (2) Гидроксид магния, известкование воды, опреснение рассола.
- (3) Хвосты обогащения меди, железа, отходы обогащения угля, угольные, цинковые или свинцовые концентраты, глина, хвосты обогащения оксидов титана и фосфатов.
- (4) Противоточное обезвреживание урана (CCD), сульфид молибдена.
- (5) Концентраты оксидов железа, магнетит, питание в виде гранул железа, ильменит.

Проверьте нагрузку по твердому или спецификации, чтобы определить какого типа режим: осветление или сгущение. Перейдите к соответствующему разделу для выбора приводной головки.

Номинальные моменты приводных головок

Размер приводной головки	кВт/л.с.	Вариант конструкции	Момент отключения (Нм)	Момент 10-летн. наработки (Нм)
10	1.5/2.0	только В	32 000	10 000
12	1.5/2.0	только В	45 000	17 000
14	1.5/2.0	только В	72 000	26 000
17	3.0/4.0	только В	120 000	45 000
20	3.0/4.0	В и С	190 000	65 000
24	4.0/4.0	В и С	310 000	112 000
28	5.5/7.4	В и С	450 000	164 000
32	5.5/7.4	В и С	610 000	225 000
36	11.0/14.8	В и С	800 000	301 000
40	11.0/14.8	В и С	1 100 000	397 000

ВН и СN = приводы без подъема гребков
 ВL и СL = приводы с подъемом гребков

Доводка

Выбор привода осветителя

Осветители, см. режимы работы на стр. 6:8, работают с малой нагрузкой по твердой фракции и приводы выбирают по нижеприведенной формуле:

$$T_c = K \times D^2$$

T_c = Момент отключения (Нм)

K = Коэффициент режима работы (см. ниже)

D = Диаметр осветителя (м)

Коэффициент режима работы

Применение освещения	Коэффициент режима
Очистка рассола	60
Известкование воды	80
Гидроксиды металлов	150
Гидроксид магния (морск.вода)	185
Вода для сталепрокатного производства	190
Фильтр-прессная грязь	210
Карбонат кальция	210
Пульповая и бумажная грязь	250
Травильные растворы и промывочная вода	255
Стоки производства гальванопокрытий	255
Колошниковая пыль	320
Пыль кислородной печи	350
Грязь термообработки (металлов)	440

Выберите приводную головку на основании вышеприведенных «Номинальных моментов приводных головок», так чтобы указанный «момент отключения» был больше, нежели расчетная величина T_c .

Пример: Выбрать приводную головку, устанавливаемую на мостовой ферме для осветителя диаметром 35²м (подъем гребков не требуется). Назначение: освещение слива пресс-фильтра.

Коэффициент $K = 210$, что дает $T_c = 210 \times 35^2 = 257\,250$ Нм. Выбираем приводную головку типа BN 24, с моментом отключения 310 000Нм.

Выбор привода сгустителя

Здесь мы проводим расчет по эквивалентному моменту (или моменту 10-летней наработки), см. стр. 6:8 согласно формуле

$$T_e = 256 \times D \times \sqrt{M}$$

T_e = Эквивалентный момент процесса

D = Диаметр сгустителя (м)

M = Производительность по твердому в сгущенном продукте (т/ч), см. режим работы

Выберите приводную головку на основании вышеприведенных «Номинальных моментов приводных головок», так чтобы момент 10-летней наработки был больше, нежели вычисленное выше значение T_e .

Пример: Выбрать приводную головку, устанавливаемую на центральной колонне, подходящую для сгустителя диаметром 50 м, дающего производительность по твердому сгущенного продукта 130 т/ч.

$T_e = 256 \times 50 \times \sqrt{130} = 145\,952$ Нм. Выбираем приводную головку CL 28 с моментом 10-летней наработки 164 000 Нм.

Стандартные осветлители/сгустители – Площадь

Диаметр		Площадь		Диаметр		Площадь	
(м)	(фут)	(м ²)	(фут ²)	(м)	(фут)	(м ²)	(фут ²)
10	33	78	839	38	125	1 134	12 206
12	39	113	1 216	40	131	1 257	13 530
14	46	154	1 658	42	138	1 385	14 913
16	52	201	2 164	44	144	1 521	16 367
18	59	254	2 734	46	151	1 662	17 889
20	66	314	3 380	48	157	1 810	19 479
22	72	380	4 090	50	164	1 963	21 130
24	79	452	4 865	52	170	2 124	22 860
26	85	531	5 716	54	177	2 290	24 653
28	92	616	6 631	56	184	2 463	26 512
30	98	706	7 599	58	190	2 642	28 440
32	105	804	8 654	60	197	2 827	30 430
34	111	908	9 773				
36	118	1 018	10 958				

Стандартные осветлители/сгустители – Глубина чана

Диам. сгустителя (м)	Глубина чана	Стандартн. (центр.)		Минимум (центр.)	
		(м)	(фут)	(м)	(фут)
3.5 – 5.5	См. стр. 6:54-55	2,4	7,9	2,3	7,5
6.0 – 15	См. стр. 6:54-55	3,0	9,8	2,7	8,9
16 – 23	См. стр. 6:54-55	3,6	11,8	3,0	9,8
24 – 26	См. стр. 6:54-55	4,6	15,1	4,3	14,1
27 – 38	См. стр. 6:54-55	5,2	17,0	4,9	16,1
38 – 42	См. стр. 6:54-55	5,5	18,0	4,9	16,1
43 – 46	См. стр. 6:54-55	5,8	19,0	5,2	17,0
47 – 49	См. стр. 6:54-55	7,0	23,0	5,8	19,0
50 – 52	См. стр. 6:54-55	7,3	24,0	6,4	21,0
53 – 55	См. стр. 6:54-55	7,6	25,0	6,7	22,0

Если объемная подача питания меньше 1.2 м³/м²ч, то используйте минимальную глубину.

Стандартные осветлители/сгустители – Уклон днища чана

Применение	Уклон (мм/м)	Градусов
Осаждение мелких частиц	80	5
Металлургические полужидкие отбросы	145	8 (стандартный уклон)
Крупные и/или тяжелые частицы	200	11

Для малых сгустителей ограничения по уклону нет (вплоть до 45о).

Для сгустителей большего диаметра (>диам. 45 м) рекомендуется чан с двумя уклонами по причине экономии высоты. Внутренний 1/3 (9 о), внешний 2/3 (5 о).

Уклон для 1/3 диам. составляет 165 мм/м (9 градусов)

Уклон для 2/3 диам.(внешний) составляет 80 мм/м (5 градусов)

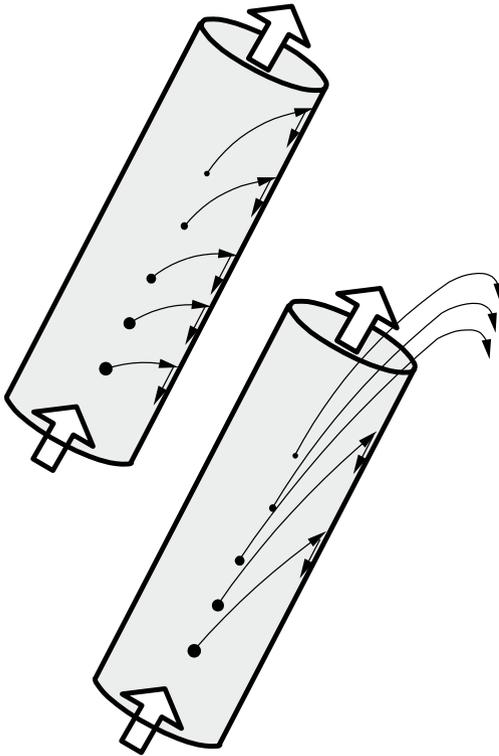
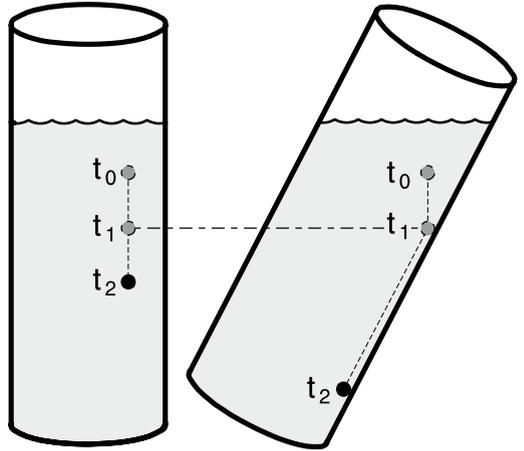
См. также характеристики на стр. 6:54 - 55.

Доводка

Седиментация на наклонных пластинах – Введение

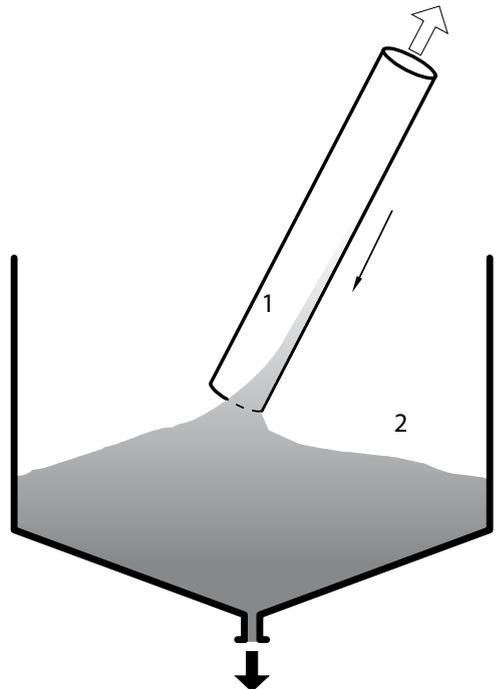
“Если осветлитель наклонить на угол 55° , мы получим наклонный осветлитель, у которого по сравнению со стандартным осветлителем взаимоотношения между твердой и жидкой фазами иные”.

Сочетание малого расстояния осаждения и «соскальзывания без трения» увеличивает скорость сепарации.



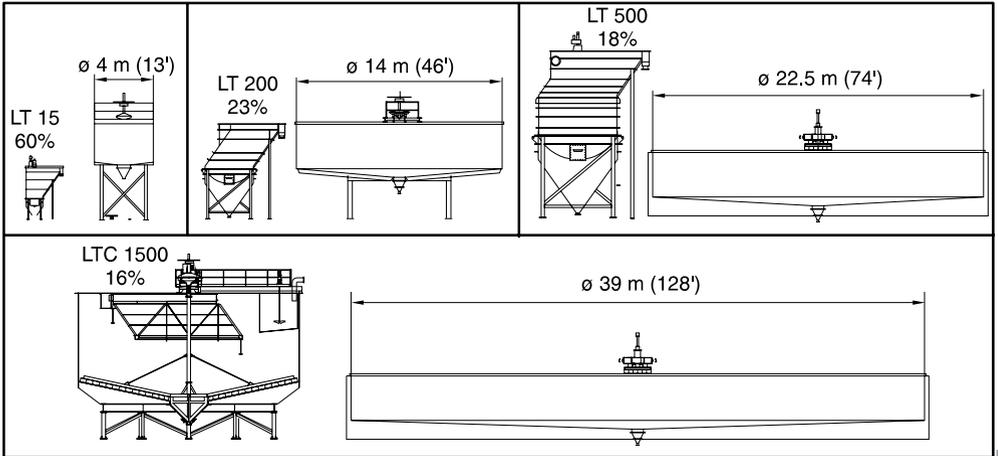
Осветление получается, когда скорость подъема достаточно низкая, что позволяет твердой фазе появиться на наклонной поверхности. Осветление не достигается, когда скорость подъема слишком высокая, и твердая фаза не появляется на наклонной поверхности.

Первичное сгущение (1), на наклонной поверхности достигается на наклонных пластинах, а вторичное (2) традиционно) в наклонных каналах.



Пластинчатые сгустители - принцип действия

Использование «принципа осаждения на наклонной поверхности» в осветлителях и сгустителях позволяет осуществлять процесс седиментации в гораздо более компактном оборудовании, чем это было бы возможно при стандартных методах. Ниже приведено сравнение площадей, необходимых для установки такого оборудования:



Идея седиментации на наклонных пластинах дает много практических преимуществ:

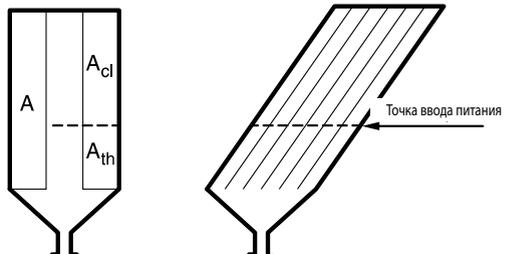
- Меньшая площадь, требуемая для установки аппарата
- Меньшее время пребывания суспензии в аппарате
- Возможность оптимизировать отношение площадей осветления и сгущения
- Низкие тепловые потери - легко осуществить изоляцию
- Меньше потери воды на испарение - аппарат легко закрыть
- Транспортировка аппарата более удобна
- Аппарат более пригоден для установки в помещении
- Меньшее время монтажа
- Проще изготавливать аппараты в специальном исполнении (с резиновой футеровкой, из нержавеющей стали и т.п.)
- Меньшие капитальные затраты

Для «пластинчатой концепции» имеются ограничения, и в некоторых случаях предпочтение может быть отдано обычным сгустителям. Например:

- Высоких нагрузок на поверхность (выше приблизит. $5.0 \text{ м}^3/\text{м}^2\text{ч}$ ($0.28 \text{ фут}^3/\text{фут}^2\text{мин}$))
- - питание с очень высоким содержанием твердого/объёмом пульпы
- Высокого содержания пены (флотационный концентрат)

Пластинчатые сгустители - Работа

Область над точкой питания рассматривается как площадь осветления (A_{cl}), и она может составлять до 80% общей площади пластин. Область под точкой питания представляет собой площадь сгущения (A_{th}), и она может составлять до 50% общей площади пластин.



Пластинчатый сгуститель

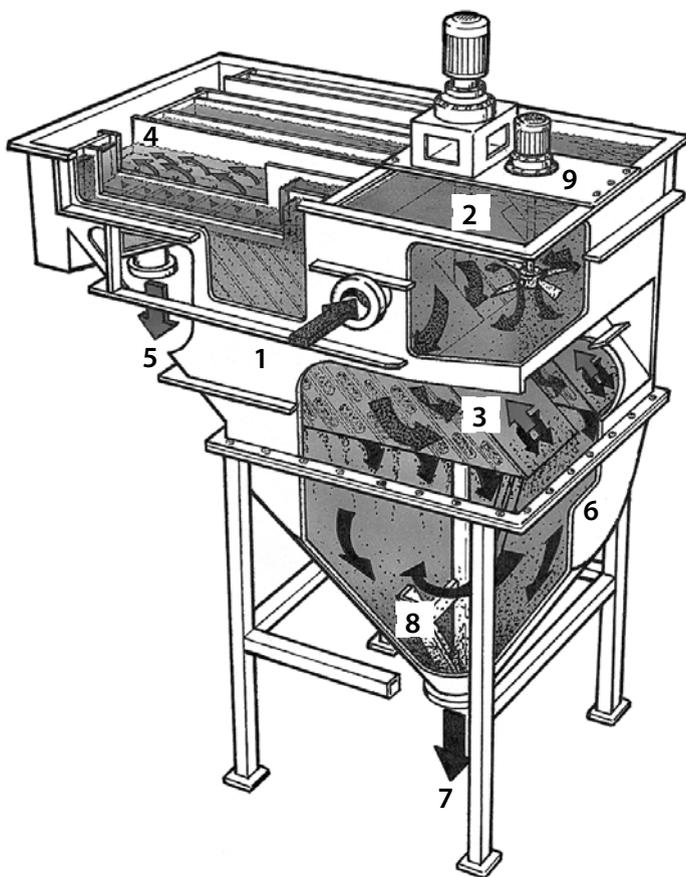
Конструкция

Пластинчатый сгуститель состоит из двух основных компонентов, верхнего бака, содержащего пластины, наклоненные под углом 55°, и нижнего цилиндрического или конического контейнера для отстоя.

Питание в пластинчатый сгуститель поступает через вертикальные камеры, которые предусмотрены с каждой стороны пакетов наклонных пластин, и через щелевые питающие отверстия входит во все промежутки между пластинами. Осветление происходит выше входа суспензии, так что никакое перемешивание осветленной жидкости с поступающим питанием не имеет места.

Над каждым пакетом, на всю длину аппарата, предусмотрен желоб слива, оснащенный дроссельными отверстиями, для оказания небольшого гидравлического противодавления на поступающий поток питания. Такой метод ограничения питания гарантирует его равное распределение по всем камерам между пластинами, с минимальной турбулентностью в местах входа.

Твердая фаза осаждается на наклонные пластины и соскальзывает с них в контейнер отстоя, где твердая фракция подвергается дальнейшему сгущению и уплотнению при помощи гребковой системы.

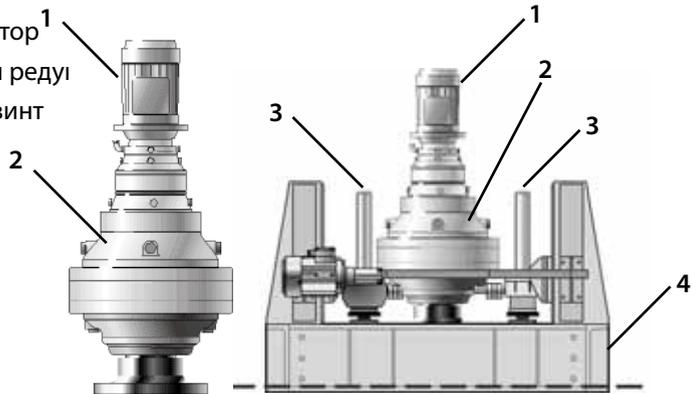


- | | | |
|-----------------------------|------------------|------------------------------|
| 1. Вход питания | 4. Желоба слива | 7. Нижний слив |
| 2. Камера флокуляции | 5. Выпуск слива | 8. Гребок с приводом |
| 3. Пакеты наклонных пластин | 6. Бункер отстоя | 9. Мешалка камеры флокуляции |

Пластинчатый сгуститель – Приводы

Конструкция

1. Мотор-редуктор
2. Планетарный редуктор
3. Подъемный винт
4. Станина



Типоразмеры

Типоразмер привода	Макс. рабоч. момент		Момент отключения		Диапазон мощности		Подъемное усилие	
	(Нм)	(фут-фунт)	(Нм)	(фут-фунт)	(кВт)	(л.с.)	(кН)	(фунт)
SFL 02	2 000	1 475	2 700	1 990	0,18-0,75	$1/4$ -1	50	11 2400
SFL 05	5 000	3 690	6 750	5 000	0,37-2,2	$1/2$ -3	50	11 2400
SFL 10	10 000	7 380	13 500	9 956	0,37-5,5	$1/2$ -7 $1/2$	50	11 2400
SFL 20	20 000	14 760	27 000	19 900	0,55-4,0	$3/4$ -5	50	11 2400
SFL 30	30 000	22 140	40 500	29 900	0,75-5,5	1-7 $1/2$	50	11 2400
SFL 60	60 000	44 255	80 000	59 005	0,75-5,5	1-7 $1/2$	100	22 4800

Последовательность подъема гребков

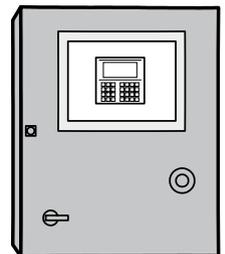
Определение: нагрузка 100% соответствует максимальному моменту, рекомендованному производителем.

Нагрузка Работа

- < 50% Нормальная работа с гребками в нижнем положении
- > 75% Производится подъем гребков, пока не будет достигнута 100% нагрузка. Гребки остаются в верхнем положении, пока не будет достигнуто 70% нагрузки, затем опускаются к нижнему положению.
- > 100% Момент отключения вызывает прекращение вращения гребков. Подъем в верхнее положение и предупреждающий сигнал. Запуск производится обычно с панели управления приводной головкой.

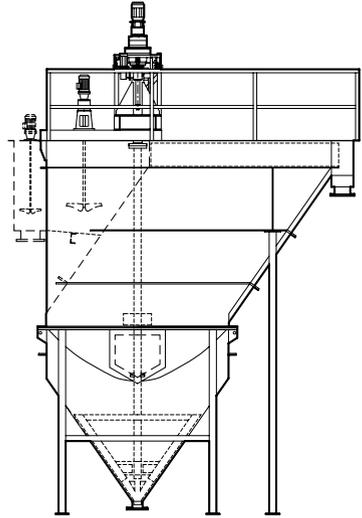
Панель управления

- Управление от PLC
- Все автоматизировано, включая функции:
 - Управления скоростью флокулятора
 - Сигнала момента нагрузки
 - Циклов пуска и останова
 - Предупреждающей индикации уровней, расхода, и т.п.
 - Управления клапаном нижнего слива и насосом



Tun LT

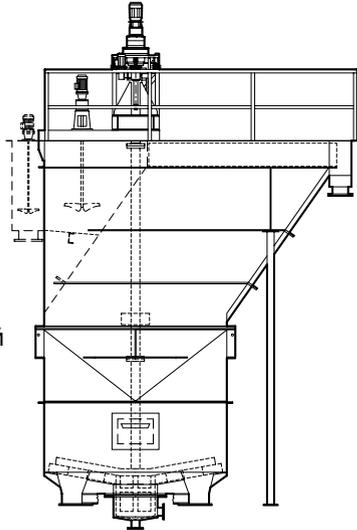
- Эффективная площадь осветления до 400 м² (4300 фут²)
- Эффективен также для крупнозернистого материала
- Ограничение по содержанию твердого в питании
- Возможно исполнение с удлиненной нижней частью
- Возможно исполнение с подъемным устройством



См. также характеристики на стр. 6:57.

Tun LTS

- Эффективная площадь осветления до 400 м² (4300 фут²)
- Непригоден для крупного материала (> 0.5-1 мм, 32 - 16 меш)
- Повышенная нагрузка по твердому
- Возможно исполнение с удлиненной нижней частью
- Возможно исполнение с подъемным устройством

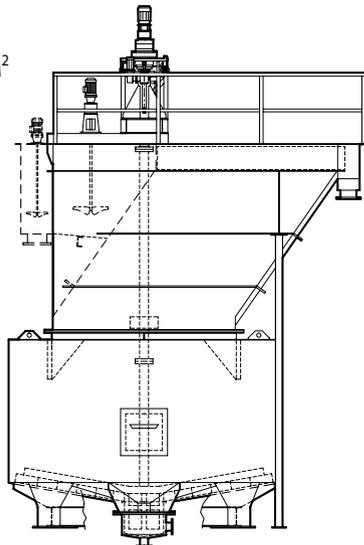


См. также характеристики на стр. 6:58.

Tun LTK

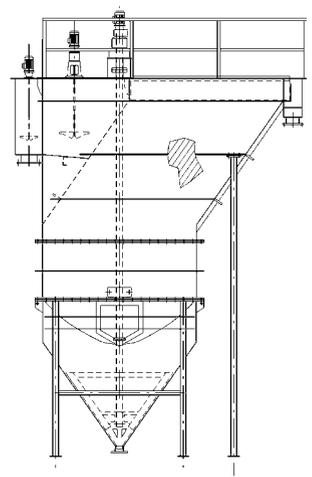
- Эффективная площадь осветления до 400 м² (4300 фут²)
- Для повышенных нагрузок по твердому
- Используется, когда важным является накопление и сгущение материала.
- Возможно исполнение с удлиненной нижней частью
- Подъемное устройство стандартно в комплекте

См. также характеристики на стр. 6:59.



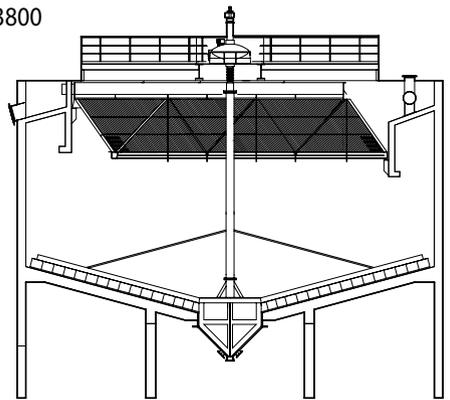
Tun LT, LTS, LTK с удлиненным чаном

- За счет удлинения нижнего чана может быть увеличен объем, что дает большие возможности по накоплению и улучшению сгущения.



Комбинированный тип Combi LTC

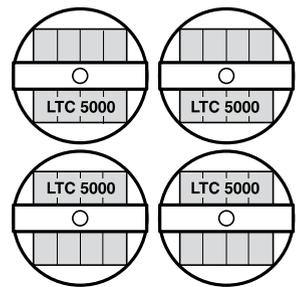
- Диаметр чана до 25 м (82 фут) = 5000 м² (53800 фут²)
- Для легкого и тяжелого режимов работы
- Большой объем накопления материала
- Более эффективное сгущение
- Чан из бетона или листового материала
- Стандартный привод, используемый в сгустителях



Доводка

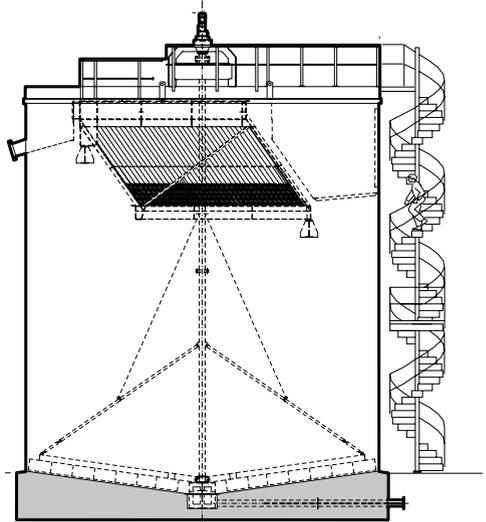
Комбинированные пластинчатые сгустители, в которых пакеты пластин работают совместно с круглыми чанами, принципиально не имеют ограничений по размерам.

С точки зрения конструкции, однако, максимальная практическая площадь каждого такого пластинчатого сгустителя составляет, приблизительно, 5000 м². Сгустители таких габаритов могут затем объединяться в модули 5000 м² + 5000 м² + ... (53800 фут²+ 53800 фут²+ ...)



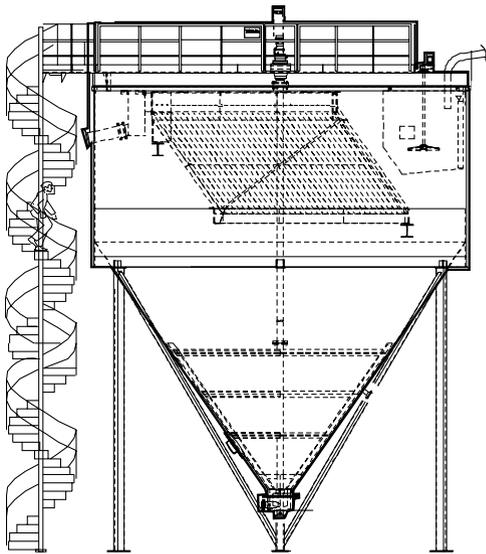
Tun LTE

- Площадь седиментации до 1 040 м² (11 194 фут²).
 - Увеличенный объем накопления твердой фракции. Для установки перед порционным процессом, таким, какой имеет место на фильтрпрессе.
- См. также характеристики на стр. 6:59.



Tun LTE/C

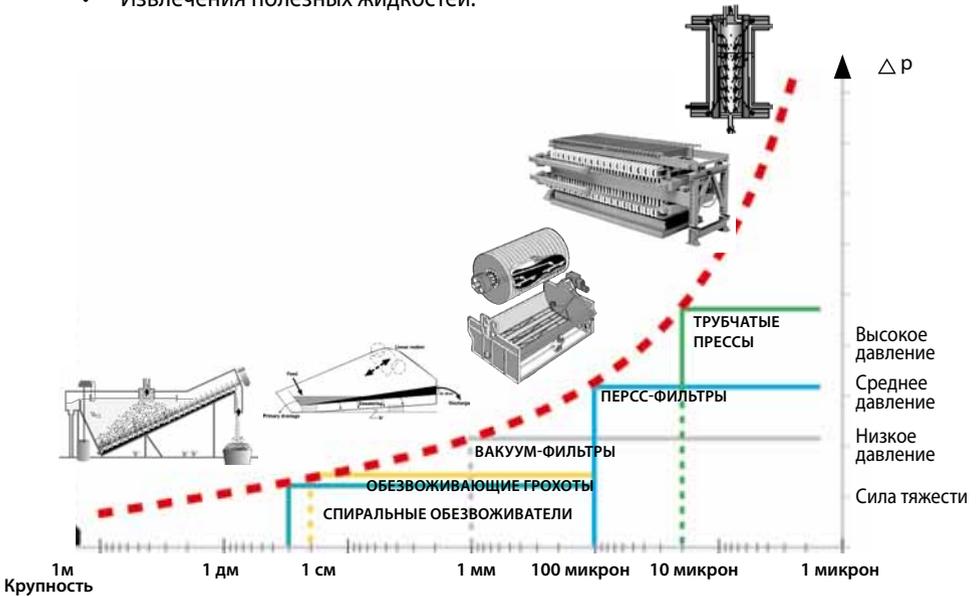
- Подобен вышеописанному типу LTE.
 - Конусное днище для большей плотности сгущенного продукта.
 - Улучшенный доступ к клапанам нижнего слива, насосу и трубопроводам.
- См также характеристики на стр. 6:60.



Механическое обезвоживание – Введение

Механическое обезвоживание - это механическое удаление жидкостей из пульпы с целью получения твердой фракции в подходящем виде и/или с целью извлечения полезной жидкости для:

- Дальнейшей обработки
- Транспортирования
- Агломерации
- Вывода в отходы
- Извлечения полезных жидкостей.



Механическое обезвоживание – Методы и оборудование

Гравитационное обезвоживание

- Спиральные обезвоживатели
- Обезвоживающие грохоты
- Обезвоживающие черпальные колеса

Обезвоживание при низком давлении

- Барабанные вакуум-фильтры
- Барабанные вакуум-фильтры с отводом фильтрующей ленты
- Вакуум-фильтры с питанием сверху
- Дисковые вакуум-фильтры (не рассматриваются)
- Горизонтальные ленточные вакуум-фильтры (не рассматриваются)

Обезвоживание при среднем давлении

- Воздушные пресс-фильтры (сжатие и продувка)

Обезвоживание под высоким давлением

- Трубчатые прессы (сжатие и воздушная очистка)

Доводка

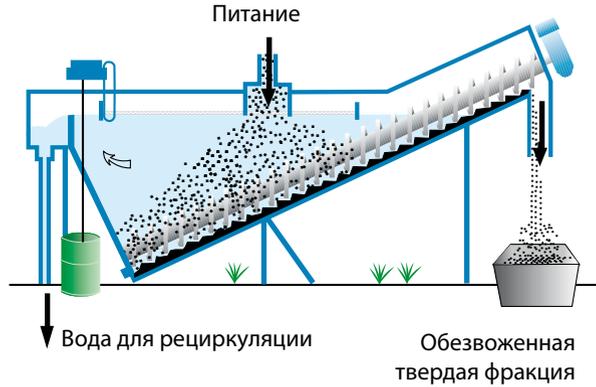
Гравитационное обезвоживание

Когда зерна пульпы слишком крупные, чтобы капиллярные силы могли удерживать воду, достаточно использовать силу тяжести, чтобы удалить воду и получить твердую фракцию в виде, удобном, по меньшей мере, для транспортирования.

Спиральный обезвоживатель

Спиральный обезвоживатель крупной твердой фракции (не обесшламленной).

- Питание 1% твердого по весу.
- 10 – 1 000 м³/ч (44-44 000 US гал/мин)
- Остаточная влага приблизит. 30% H₂O
- Большой осадительный бассейн
- Маслосборщик - по дополнительному заказу



См. также характеристики на стр. 6:62

Спиральные обезвоживатели - Типоразмеры

Модель	Площадь бассейна (м ²)	Площадь бассейна (фут ²)
SD60-8	8	86
SD60-10	10	108
SD60-20	20	215
SD60-30	30	324
SD60-38*	38	409
SD60-100*	100	1 076
SD60-25	25	269

* с наклонными пластинами

Спиральный обезвоживатель - Выбор типоразмера

Потребная площадь бассейна = Объем / Нагрузка на поверхность

Нагрузку на поверхность м/ч (м³/м² ч) см. на стр. 6:3

Для предварительной оценки размера воспользуйтесь следующими цифрами:

Вода от машин непрерывного литья	10 - 20 м/ч	(0,55 - 1,1 фут/мин)
Вода от сталепрокатных машин	10 - 20 м/ч	(0,55 - 1,1 фут/мин)
Вода от грануляции шлака	2 м/ч	(0,11 фут/мин)

Пример: Охлаждающая вода от машин непрерывного литья должна быть обработана для рециркуляции. Для разбрызгивающих форсунок, подающих охлаждающую воду, допустимо наличие в воде частиц размером порядка 100 мкм.

Подача равна 650 м³/ч при содержании вторичной окалины 2 г/л.

Необходимое разделение будет обеспечено при нагрузке на поверхность, приблизительно, 20 м³/м² х ч.

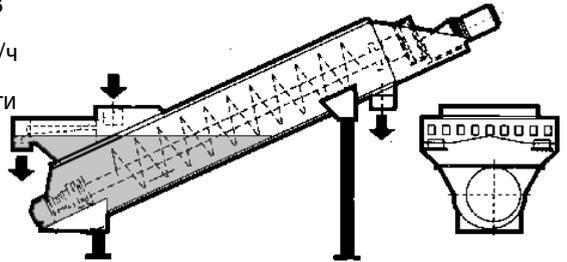
Площадь бассейна: 650 / 20 = 32,5 м²

Выбираем спиральный обезвоживатель SD 60 - 38

Песковый шнек

Это упрощенная версия спирального обезвоживателя, которая в основном используется для природных песков. Эти пески обычно подвергаются классификации (частицы минус 10-50 микрон удалены), а это значит, что осадительный бассейн в размерах может быть значительно урезан по сравнению со спиральным обезвоживателем.

- Соотношение песок:вода в питании, приблизительно 1:3
- Производительность 6-95 м³/ч
- Остаточное содержание влаги 20-25 % H₂O по весу
- Наклон шнека, приблизительно, 25°

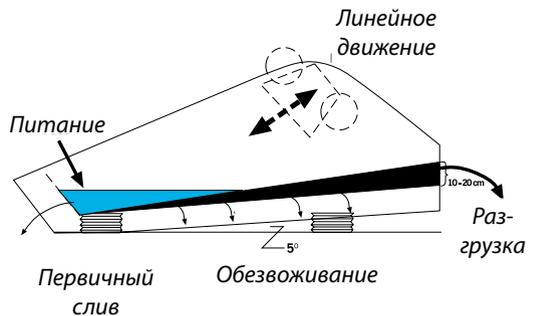


См также характеристики на стр. 6:63.

Обезвоживающий грохот

Это вариант грохота с линейным движением сита, перемещающего твердые фракции вверх по наклонной плоскости с углом наклона 5°. Обезвоживание происходит на подвижной песчаной постели.

- Только для песка, угля и других обесшламленных твердых материалов
- Макс.содержание твердого в питании - 50 % по весу
- Остаточное содержание влаги 13-17 % H₂O по весу
- Производительность: 70-190 (песок), 5-55 (уголь)



См. также характеристики на стр. 6:64

Обезвоживающее черпальное колесо

Обезвоживающие черпальные колеса в основном используются при дражной разработке природных песков и гравия. Машина имеет простое устройство для дренажирования воды на ковшах, осуществляющих выемку песка. Поэтому, содержание воды может быть уменьшено до

15-18 % H₂O по весу, даже если питание содержит определенный процент мелкой фракции. Бассейн имеет ограниченные размеры, а это значит, что машина чувствительна к большой объемной подаче.

- Крупность питания (типичная) 0-2 мм
- Возможно исполнение с переменной скоростью вращения
- Производительность по питанию 1 500-2 400 м³/ч



См. также характеристики на стр. 6:65

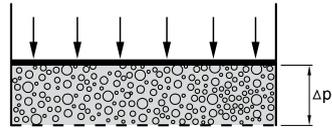
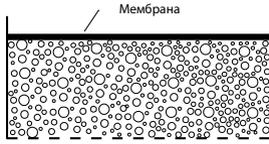
Доводка

Механическое обезвоживание под давлением - Введение

Чем мельче становятся частицы, тем сильнее возрастает их сопротивление удалению воды. Производить обезвоживание за счет силы тяжести становится невозможно. Мы вынуждены использовать давление.

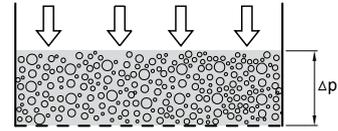
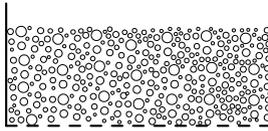
Если на осадке твердой фракции создать перепад давления Δp , то жидкость можно удалить посредством

Сжатия



“При обезвоживании посредством сжатия, в слое осадка происходит замещение жидкости частицами”

Продувки



“При обезвоживании посредством продувки, в слое осадка происходит замещение жидкости воздухом”

В *вакуум-фильтрах* используется *воздушная продувка*

В *рамных пресс-фильтрах* используется либо *сжатие*, либо *сочетание сжатия и воздушной продувки*

В *трубчатых прессах* используется либо *сжатие*, либо *сочетание сжатия и воздушной очистки*. Трубчатый пресс также позволяет осуществлять промывку осадка.



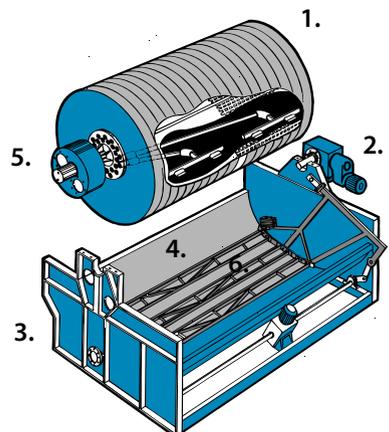
Промывку осадка можно применять в любом из этих фильтров.

Барабанные вакуум-фильтры

Вакуумная фильтрация это простейшая форма обезвоживания «с продувкой». Перепад давления, создаваемый разрежением, которое приложено к внутренней стороне барабана фильтра, заставляет воздух проходить через слой осадка, замещая, таким образом, содержащуюся в нем воду. Твердая фракция задерживается на ткани фильтра, и переносится к точке разгрузки за счет вращения барабана.

Барабанный фильтр

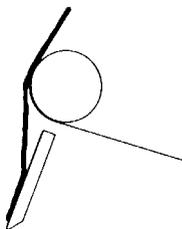
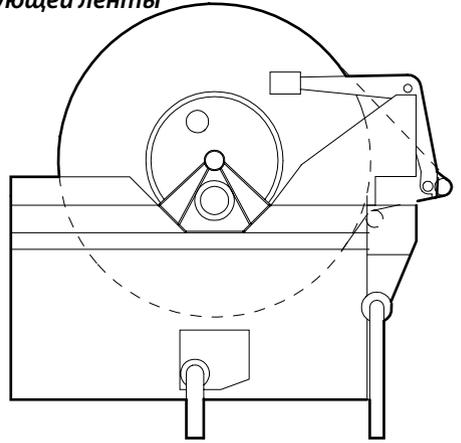
1. **Барабан** – фильтровальная ткань натянута на сетку его сегментов. Имеются внутренние дренажные трубки.
2. **Привод барабана** – с переменными оборотами
3. **Несущая рама**
4. **Ванна**
5. **Вакуумная распределительная головка** – узел с уплотнением для соединения вращающегося барабана с неподвижным вакуумным трубопроводом.
6. **Мешалка** – для суспензирования твердых частиц в ванне.



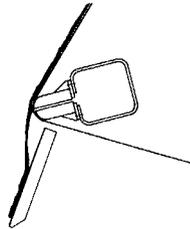
Барабанный фильтр с отводом фильтрующей ленты

Барабанный фильтр с разгрузкой с ленты подобен стандартному барабанному фильтру за исключением того, что в нем предусмотрен отвод фильтрующей ткани от барабана и ее пропускание через систему разгрузки.

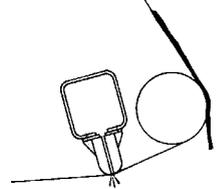
Данная конструкция позволяет осуществлять промывку ткани, и ее желательно использовать для обезвоживания пульпы, содержащих мелкие частицы, образующих осадок (кек), который является липким и плохо поддается разгрузке. Возможны три варианта механизма разгрузки кека.



Ломающий ролик



Воздушный нож

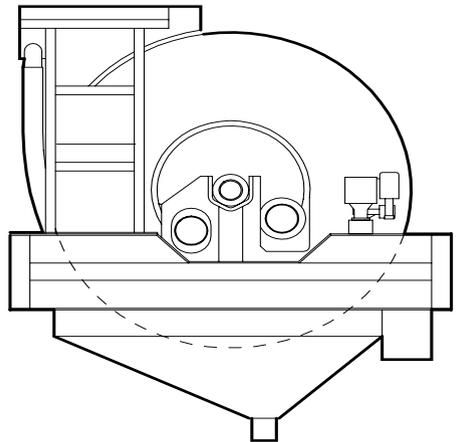


Ломающий ролик и воздушный нож

Барабанный фильтр с питанием сверху

Барабанный фильтр с питанием сверху предназначен для обезвоживания пульпы, содержащих более крупные зерна.

Принцип «питания сверху» способствует отделению более крупных частиц, которые образуют на фильтрующей ткани «начальный покров», что увеличивает, таким образом, скорость фильтрации.



Барабанные вакуум-фильтры – Эффективная площадь

Практически важной особенностью барабанных вакуум-фильтров является то, что на барабане существует «мертвая зона» между точкой разгрузки и тем местом, где барабан снова входит в пульпу, находящуюся в ванне. Поэтому, как показано ниже, эффективная площадь фильтрации всегда меньше общей площади фильтра

Барабанный фильтр	75% общей площади
Барабанный фильтр с отводом фильтрующей ленты	65% общей площади
Барабанный фильтр с питанием сверху	50% общей площади

Примечание!

При выборе размера вакуум-фильтра имейте в виду, что в данной книге значения скорости фильтрации соответствуют производительности, отнесенной к эффективной площади фильтрации.

Пользуясь данными из других источников, следует проверить, какой площади эти данные соответствуют: «эффективной» или «общей»!

Доводка

Барабанные вакуумные фильтры – Эффективная площадь (продолж.)

сверху (TFF)	Барабанный фильтр Общая				Барабанный фильтр (TF)		Фильтр с питанием с отводом ленты (BFT)	
	Размер	площадь (м ²)	площадь (фут ²)	эффективн. площадь (м ²)	эффективн. площадь (фут ²)	эффективн. площадь (м ²)	эффективн. площадь (фут ²)	эффективн. площадь (м ²)
903	0,9	10	0,7	8	0,6	6	0,45	5
906	1,7	18	1,3	14	1,1	12	0,85	9
916	3,4	37	2,6	28	2,2	24	1,7	18
1206	2,2	24	1,7	18	1,9	20	1,1	12
1212	4,5	48	3,4	37	3,9	42	2,25	24
1218	6,8	73	5,1	55	5,8	62	3,4	37
1812	6,8	73	5,1	55	5,8	62	3,4	37
1818	10	108	7,5	81	6,5	70	5	54
1824	14	151	10,5	113	9,1	98	7	75
1830	17	183	12,8	138	11,1	119	8,5	91
2418	14	151	10,5	113	9,1	98	7	75
2424	18	194	13,5	145	11,7	126	9	97
2430	23	247	17,3	186	15	161	11,5	124
2436	27	291	20,3	218	17,6	189	13,5	145
2442	32	344	24	258	20,8	224	16	172
3030	29	312	21,8	235	18,9	203	14,5	156
3036	34	366	25,5	274	22,1	238	17	183
3042	40	430	30	323	26	280	20	215
3048	46	495	34,5	371	29,9	322	23	247
3054	52	560	39	420	33,8	364	26	280
3060	57	613	42,8	461	37,1	399	27,5	296
3636	41	441	30,8	331	26,7	287	20,5	221
3642	48	516	36	387	31,2	336	24	258
3648	55	592	41,3	444	35,8	385	27,5	296
3654	61	656	45,8	493	39,7	427	30,5	328
3660	68	732	51	549	44,2	476	34	366
3666	75	807	56,3	606	48,8	525	37,5	404

См. также характеристики на стр. 6:65 - 6:67.

Барабанные вакуум-фильтры – Скорость фильтрации

Размер вакуум-фильтров рассчитывают, исходя из эффективной площади (см. выше) и скорости фильтрации (см. ниже)

Применение	Скорость фильтрации		Остаточное содержание влаги % (% H ₂ O по весу)
	(кг/м ² эфф./ч)	(фунт/фут ² /ч)	
Магнетитовый конц., мелкий 80% минус 44 микрона	1000	200	8
Магнетитовый конц., средний 80% минус 74 микрона	1500	300	7
Пиритовый конц., средний 80% минус 63 микрона	1000	300	7,5
Сu - концентрат, мелкий 80% минус 24 микрона	400	80	10

Барабанные фильтры – Скорость фильтрации (продолж.)

Применение	Скорость фильтрации		Остаточное содержание влаги % (% H ₂ O по весу)
	(кг/м ² эфф./ч)	(фунт/фут ² /ч)	
Си - концентрат, средний 80% минус 63 микрона	500	150	7
Zn - концентрат, мелкий 80% минус 30 микрон	350	70	10
Zn - концентрат, средний 80% минус 63 микрона	450	90	8
Pb - концентрат, средний 80% минус 53 микрона	700	140	6
Ильменитовый конц., средний 80% минус 54 микрона	800	160	8
Ni - конц., средний-мелкий 80% минус 36 микрон	600	120	11
Волластонит, средний 80% минус 54 микрона	800	160	12

Барабанный фильтр с отводом ленты – Скорость фильтрации

Применение	Скорость фильтрации		Остаточное содержание влаги (% H ₂ O по весу)
	(кг/м ² эфф./ч)	(фунт/фут ² /ч)	
Пенный уголь 80% минус 74 микрона (требуется флокуляция)	400	80	23
Угольный концентрат, крупный 80% минус 100 микрон (требуется флокуляция)	500	150	20
Хвосты углеподготовки (требуется флокуляция)	150	30	32
Хвосты сульфидных руд, средние 80% минус 44 микрона (без обесшламливания)	500	150	22

Барабанный фильтр с питанием сверху – Скорость фильтрации

Применение	Скорость фильтрации		Остаточное содержание влаги (% H ₂ O по весу)
	(кг/м ² эфф./ч)	(фунт/фут ² /ч)	
Магнетит, крупный 80 % минус 120 микрон	2 000	400	6
Апатит, крупный 80 % минус 150 микрон	2 000	400	8
Кальцит, крупный 80 % минус 150 микрон	1 200	250	7,5
Хромит 50 % минус 180 микрон	3 800	780	5

Доводка

Вакуум-фильтры – Выбор типоразмера

Зная скорость фильтрации, можно вычислить требуемый размер вакуум-фильтра.

Пример: Обезвоживание Су-концентрата средней крупности с производительностью 10 т/ч (22050 фунт/ч)

1. Для данной задачи требуется барабанный вакуум-фильтр с внешней фильтрующей поверхностью.
2. Скорость фильтрации, см. стр. 16, составляет $500 \text{ кг/м}^2 \text{ эфф. за час. (100 фунт/фут}^2 \text{ эфф. за час)}$
3. Площадь фильтра равняется $10000 / 500 = 20 \text{ м}^2$ или $22050 / 100 = 221 \text{ фут}^2$

Барабанный фильтр TF 2436 имеет эффективную площадь $20,3 \text{ м}^2 (218 \text{ фут}^2)$ и общую площадь $27 \text{ м}^2 (290 \text{ фут}^2)$

Вакуум-фильтры – Требования к разрежению

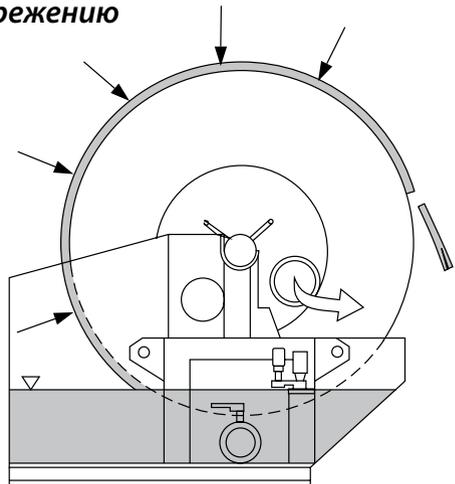
Принцип действия

Откачивая воздух из внутренней полости фильтра, можно добиться обезвоживания за счет «просасывания» воздуха.

Требуемое разрежение вычисляется как объем разреженного воздуха, приходящийся на эффективную площадь поверхности фильтра в минуту.

Объем разреженного воздуха это его объем при фактическом пониженном давлении.

Объем свободного воздуха (используемый для выбора типоразмера компрессоров) это его объем при нормальном атмосферном давлении.



Требования к разрежению– Для задач, требующих низкого вакуума (Dr 60 - 70 кПа, 8 - 10 psi)

Область применения	Скорость просасывания воздуха (разрежение)	
	(м ³ /м ² (эфф.) мин)	(фут ³ /фут ² (эфф.) мин)
Пенный уголь 80% минус 74 микрон	2	7
Хвосты пенного угля	1	3
Колошниковая пыль	1	3
Сульфат бария	0,3	1
Карбонат кальция	0,6	2
Известковый ил	2	7
Гипохлорит натрия	1	3
Двуокись титана	0,6	2
Стеарат цинка	1	3

Требования к разрежению – Для задач, требующих высокого вакуума (Dr 80 - 90 кПа, 12 - 13 psi)

Область применения	Скорость просасывания воздуха (разрежение)	
	(м ³ /м ² (эфф.) мин)	(фут ³ /фут ² (эфф.) мин)
Магнетитовый конц., мелк. 80% минус 44 микрон	3	10
Магнетитовый конц., средн. 80% минус 74 микрон	4	13
Пиритовый конц., средн. 80% минус 63 микрон	4	13
Си - конц., мелк. 80% минус 24 микрона	2	7
Си - конц., средн. 80% минус 63 микрона	4	13
Zn - конц., мелк. 80% минус 30 микрон	2	7
Zn - конц., средн. 80% минус 63 микрон	4	13
Pb - конц., средн. 80% минус 53 микрон	3	10
Ильменитовый конц., средн. 80% минус 54 микрона	3	10
Ni - конц., мелк. 80% минус 36 микрон	2	7
Волластонитовый конц., средн. 80% минус 54 микрона	3	10
Магнетит, крупный	8	26
Апатит, крупный	6	20
Кальцит, крупный	6	20
Хромит	8	26

Вакуумные насосы - Выбор типоразмера

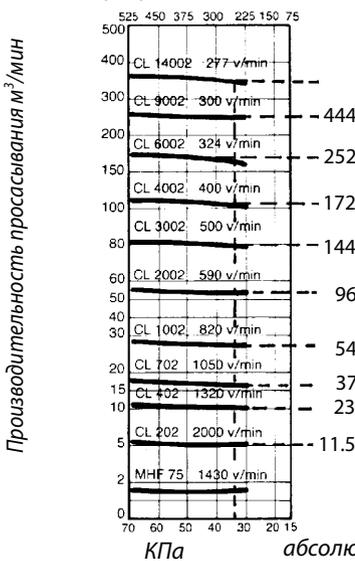
Перемножив потребную эффективную площадь вакуум-фильтра с требуемой скоростью просасывания воздуха, можно получить требуемую производительность вакуумного насоса.

Пример: Барабанный фильтр с эффективной площадью 3,4 м² и потребным разрежением 1,5 м³/м² мин требует вакуумного насоса с производительностью 3,4 x 1,5 = 5,1 м³/мин.

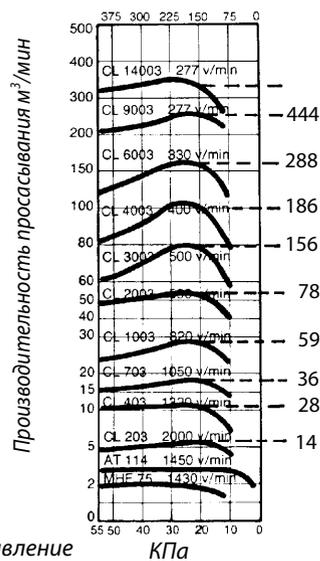
Выбор насоса

(Для оценки использованы данные Nash)

Насосы низкого разрежения кВт*



Насосы высокого разрежения кВт*



* кВт относятся к мощности установленного двигателя. Для насосов низкого разрежения - при 35 кПа, а для насосов высокого разрежения при 20 кПа абсолютного давления.

Доводка

Вакуумные насосы – Выбор типоразмера (продолж.)

Если перепад давления на кеке составляет 80 кПа (“манометрическое разрежение”), то абсолютное давление под тканью фильтра равняется $100 - 80 = 20$ кПа. Давление на всасывающем патрубке вакуумного насоса в этом случае составит 20 кПа, и объемный расход воздуха указан при этом давлении.

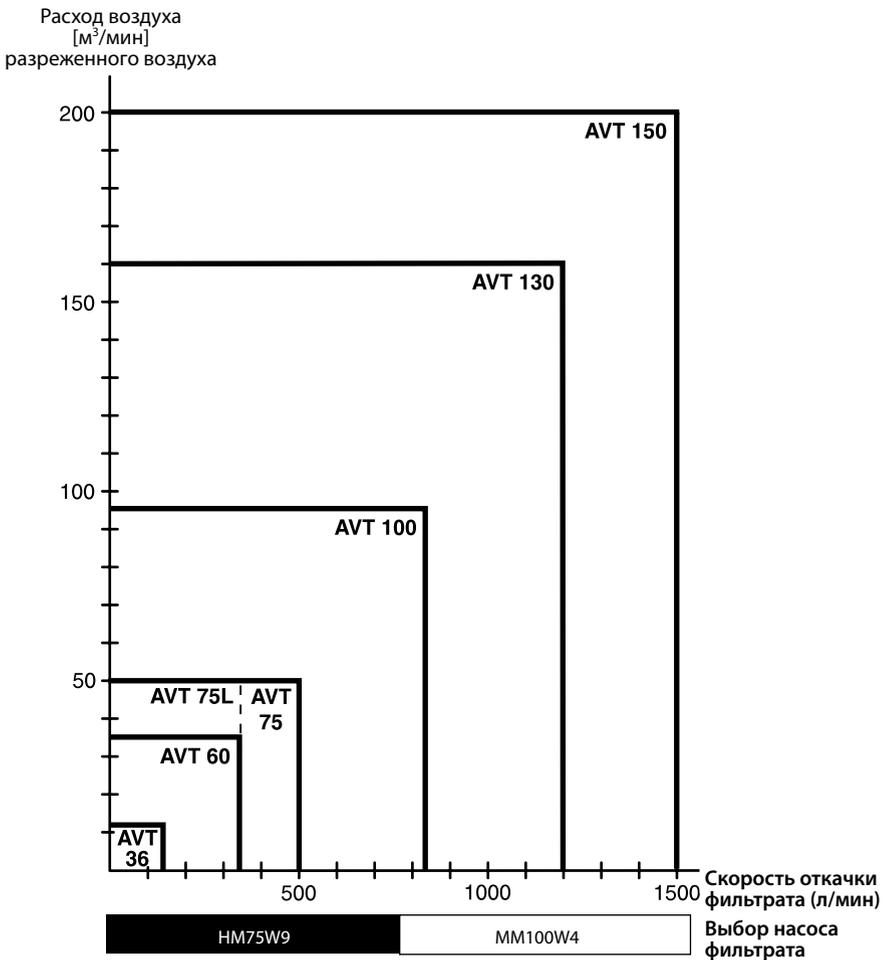
Пример:

30 м³ разреженного воздуха при манометрическом разрежении 80 кПа (перепад давления на кеке фильтра) соответствуют $(30 \times (100-80)) / 100 = 6$ м³ свободного воздуха при атмосферном давлении.

Выбор типоразмера вакуумного насоса: Задача качественного фильтрования Си-концентрата требует пропускания 30 м³/мин разреженного воздуха при перепаде давления (манометрическом разрежении) 80 кПа. Для оценки модели (Nash) и требуемой мощности, см. вышеприведенные кривые.

Из серии вакуумных насосов высокого разрежения выбираем модель Nash CL 1003 с мощностью, приблизительно, 60 кВт.

Вакуумная камера и насос фильтрата - Выбор типоразмера



Размер вакуумных камер выбирают, исходя из двух критериев

- Скорость воздуха в камере < 2 м/с.
- Время пребывания фильтрата в камере > 0,5 мин.

Расчет объема фильтрата

Пример: Питание фильтра: 60% твердого по весу

Производительность: 10 т сухого твердого/ч

Остаточная влага: 6% H₂O по весу

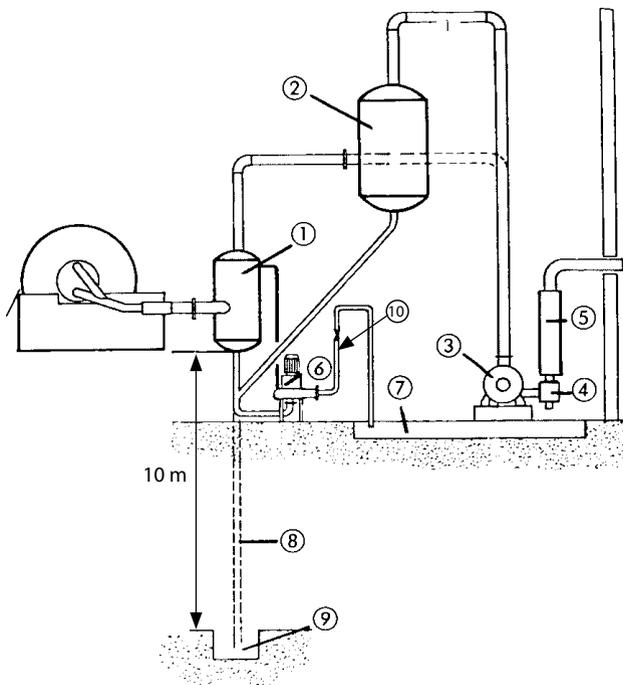
Вода в питании = $0,40 \times (10 / 0,6) = 6,667 \text{ т/ч} = 6667 \text{ л/ч}$

Вода в кеке = $0,06 \times (10 / 0,94) = 0,638 \text{ т/ч} = 638 \text{ л/ч}$

Объем фильтрата $6667 - 638 = 6029 \text{ л/ч} = 100 \text{ л/мин.}$

Проверить по вышеприведенной диаграмме!

Вакуумная установка - Устройство



1. Вакуумный ресивер
2. Влагуловитель*
3. Вакуумный насос
4. Отделитель жидкости
5. Глушитель
6. Насос фильтра
7. Сток в полу

Для установок без насоса фильтрата также:

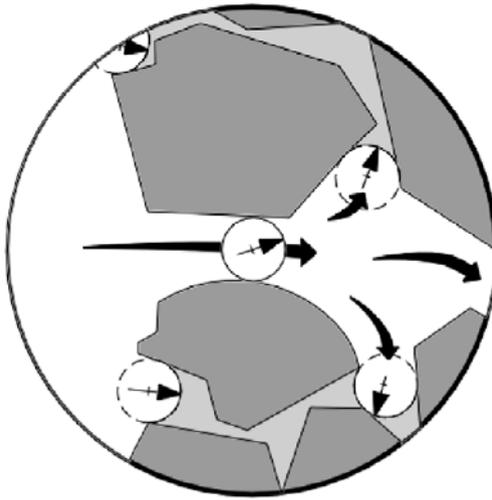
8. Дренажная линия из вакуумной камеры (барометрический участок)
9. Водяной затвор
10. Невозвратный клапан

* Обычно используется только для агрессивных фильтратов.

Доводка

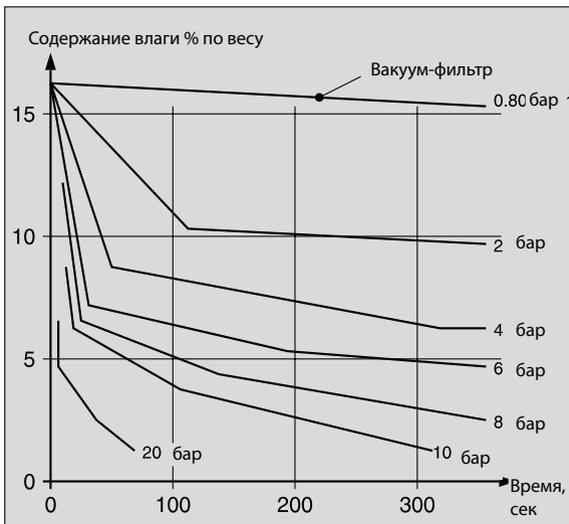
Рамный пресс-фильтр – Введение

Пресс-фильтр модели VPA представляет собой фильтр «среднего давления» работающий в диапазоне давлений 6-10 бар. Работа машины главным образом основывается на идее обезвоживания за счет «продувания воздуха», при котором вода, по мере ее прохождения через кек замещается воздухом.

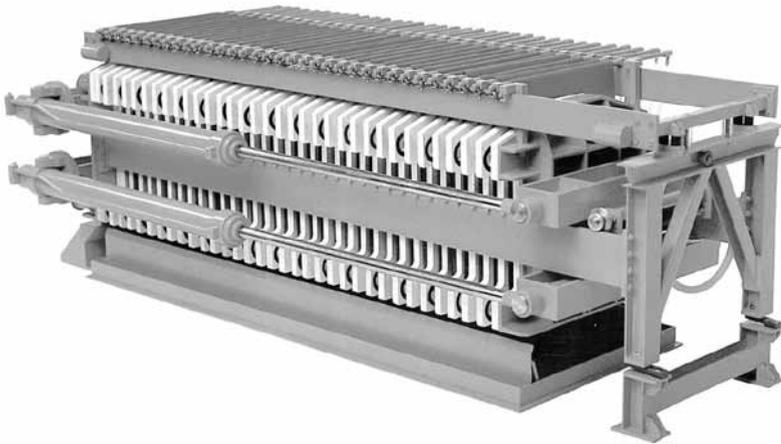


Проникновение воздуха через систему пор

Движущей силой при данном способе фильтрации является перепад давления на кек. Большой перепад давления будет давать более высокую скорость обезвоживания и меньшее содержание остаточной влаги.



Рамный пресс-фильтр – Конструкция



- Аббревиатура VPA означает «пресс-фильтр с вертикальными рамами и с продувкой воздухом»
- Легкие рамы фильтра из полипропилена установлены на скрепленной болтами стальной раме, и приводятся в движение гидравлическими цилиндрами.
- Соседние «фильтрующие и сжимающие» рамы образуют фильтровальную камеру. Между рамами каждой пары провешены полотна фильтрующей ткани. Резиновые мембраны защищены фильтрующей тканью, что снижает их износ.
- Установка фильтра на систему тензодатчиков дает возможность контролировать цикл фильтрации и управлять им.
- Для оптимального заполнения, питание в камеры подается сверху. Двухсторонняя фильтрация ускоряет цикл «загрузки».
- Отверстия для пульпы, воды и воздуха имеют достаточно большой размер, чтобы снизить потери энергии и уменьшить износ.
- Требования к повседневному и техническому обслуживанию невысоки. Конструкция VPA позволяет легко заменять фильтрующую ткань.
- Давление воздуха продувки 5-8 бар (73-116 psi). Давление на мембранах 6-9 бар (87-131 psi).

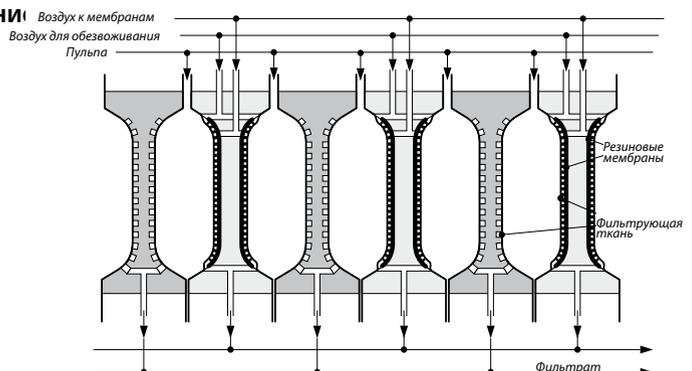
Пресс-фильтр VPA – Принцип действия

Предварительная подготовка

Для получения оптимальных результатов при работе фильтра, пульпа, подаваемая в машину, должна содержать как можно более высокий процент твердого.

Цикл обезвоживания

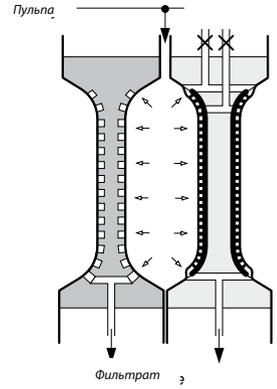
Начальное положение



Доводка

Этап 1 - Фильтрация

Пульпа закачивается в камеры фильтра и вытесняется фильтрат.

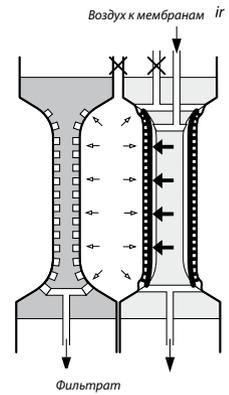


Этап 2 - Сжатие

во время которого приводятся в действие резиновые мембраны всех камер, и кека подвергается сжатию (плотная упаковка)



Формирование плотного кека устраняет ненужные потери воздуха в процессе последующей сушки.

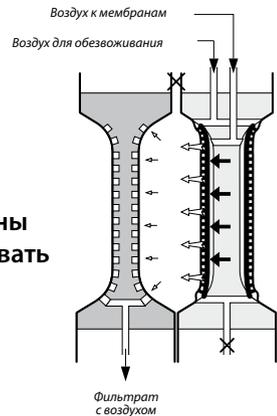


Этап 3 - Воздушная сушка

Через кека пропускается сжатый воздух, дополнительно вытесняющий жидкость.



На протяжении этого этапа резиновые мембраны остаются под давлением, чтобы воспрепятствовать растрескиванию уплотняющегося кека.



Таковы этапы обезвоживания. В случаях, когда продувку применить невозможно, и фильтр используется для уплотнения, выполняют только этапы 1 и 2.

Служебный цикл

Дополнительно к вышеупомянутым этапам обезвоживания, полный процесс включает в себя ряд так называемых служебных этапов.

Этап

4. Открывание створок разгрузки кека.
5. Открывание фильтра и разгрузка кека.
6. Вибрационное встряхивание фильтрующей ткани (управление разгрузкой)
7. Закрывание створок разгрузки кека
8. Прополаскивание фильтрующей ткани
9. Закрывание фильтра

Пресс-фильтр – Размеры

Пресс-фильтры VPA поставляются с камерами 3 размеров:

VPA 10 с камерами размером (наружным) 10 x 10 дм (макс. 40 камер)

VPA 15 с камерами размером (наружным) 15 x 15 дм (макс. 54 камер)

VPA 20 с камерами размером (наружным) 20 x 20 дм (макс. 50 камер)

Пресс-фильтр VPA – Характеристики камер

Площадь камер (рабочая площадь)

Площадь камер VPA 10 = 0,65 м²/камера (7 фут²/камера)

Площадь камер VPA 15 = 1,70 м²/камера (18 фут²/камера)

Площадь камер VPA 20 = 3,90 м²/камера (42 фут²/камера)

Площадь фильтрации = 2 x площадь камеры (в каждой камере имеется два тканевых полотна, и фильтрация происходит на обеих сторонах).

Площадь сушки (или продувки) = площадь камеры (воздух поступает с одной стороны).

Объем камеры

VPA 1030 (глубина камеры 32 мм) = 20,0 литров (5 US гал)

VPA 1040 (глубина камеры 42 мм) = 25,0 литров (7 US гал)

VPA 1530 (глубина камеры 32 мм) = 55,0 литров (15 US гал)

VPA 1540 (глубина камеры 42 мм) = 68,0 литров (18 US гал)

VPA 2030 (глубина камеры 32 мм) = 129 литров (34 US гал)

VPA 2040 (глубина камеры 42 мм) = 165 литров (44 US гал)

VPA 2050 (глубина камеры 53 мм) = 205 литров (54 US гал)

Глубина камеры

Для VPA 10 и VPA 15 возможны два варианта глубины камер.

32 мм ($1\frac{1}{4}$ ") для обезвоживания мелких частиц (большое время цикла)

42 мм ($1\frac{3}{5}$ ") для обезвоживания частиц средней крупности (нормальное время цикла)

VPA 20 может поставляться с камерами трех размеров по глубине

32, 42, 53 мм ($1\frac{1}{4}$ " , $1\frac{3}{5}$ " , $2\frac{1}{10}$ ")

Пресс-фильтр VPA – Обозначение

VPA 1040-20 = Пресс-фильтр типа VPA с камерами размером 10 x 10 дм, глубиной камер 40 мм и числом камер 20.

См. также характеристики на стр. 6:69 - 6:71.

Доводка

Пресс-фильтр VPA - Выбор типоразмера

Используем циклический метод:

1. Объемный вес кека

Сухой удельный вес кека, находящегося в каждой камере фильтра, называют объемным весом кека (измеряется в кг/литр или фунт/фут³)

Приблизительные значения объемного веса кека ($\rho_{\text{кек}}$)

Материал	кг/дм ³	фунт/фут ³
Си-конц. (80%-45 микрон)	2,2	137
Pb-конц. (80%-40 микрон)	3,1	193
Zn-конц. (80%-30 микрон)	2,1	131
Магнетитовый конц. (80%-х микрон)	3,0	187
Уголь	0,9	56
Мел	1,3	81

2. Производительность установки

Если требуемую пропускную способность S (т/ч или фунт/ч) разделить на объемный вес кека, то получим потребный объем кека в час. $V=S/\rho_{\text{кек}}$

3. Время цикла

Рассчитывается, как сумма времени:

- Фильтрации
- Сжатия
- Промывки
- Продувки (сушки)
- Служебных операций (разгрузки, промывки и закрывания)

Общее время цикла t (мин/цикл)

Число циклов за час $n=60/t$.

Приблизительное время цикла (мин)

Применение	k_{80}	t , мин
Си-концентрат	50	7
	15	11
Pb-концентрат	40	7
	20	9
Zn-концентрат	40	7
	20	9
Магнетит	40	5
Хвосты флотации	36	8

4. Объем фильтра

Необходимый объем обрабатываемого материала за один цикл равен требуемому объему фильтра.

Объем фильтра = $V / n = (S \times 1000 \times t) / (\rho_{\text{кек}} \times 60)$ литров

Пример: Требуется произвести обезвоживание цинкового концентрата до 8% H₂O.

Пусть производительность составит 12 т/ч (сух. твердого), а k_{80} - 35 мм.

1. Объемный вес кека $\rho_{\text{кека}} = 2,1$ (из таблицы).
2. Производительность установки $V = 12 / 2,1 = 5,7 \text{ м}^3/\text{ч}$
3. Время цикла $t = 8$ мин. (ориентировочное из таблицы).
Число циклов за час $n = 60 / 8 = 7,5$
4. Объем фильтра $V / n = (5,7 \times 1000) / 7,5 = 760 \text{ л}$
Выбираем фильтрпресс VPA-1040-32 (800 л)

Пресс-фильтр VPA - Содержание влаги в кеке

Ниже приведены приблизительные ожидаемые значения содержания влаги в обезвоженном кеке (при давлении продувки 6 бар)

Материал	Влага % H ₂ O по весу
Си-конц., средний (80% - 45 микрон)	7,0
Си-конц., мелкий (80% - 15 микрон)	9,0
Pb-конц., средний (80% - 40 микрон)	5,0
Zn-конц., средний (80% - 30 микрон)	8,0
Пиритовый конц., крупный (80% - 60 микрон)	5,0
Гематитовый конц., мелкий (80% - 7 микрон)	18,5
Магнетит, средний (80% - 40 микрон)	6,0
Кальцитовый конц., мелкий (80% - 8 микрон)	15,0
Мел, мелкий (80% - 2,4 микрона)	15,0

Пресс-фильтр VPA - Выбор компрессора

Расход сжатого воздуха для пресс-фильтров вычисляется как

“Число стандартных кубометров свободного воздуха при нормальной температуре и атмосферном давлении, которые требуется пропустить в минуту через 1 квадратный метр площади фильтра”.

Требования к расходу сжатого воздуха (продувка)

Материал	Влага % H ₂ O по весу	Сжатый воздух (м ³ /м ² мин)	Сжатый воздух (фут ³ /фут ² мин)
Си-конц., средний (80% - 45 микрон)	7,0	0,7	2,3
Си-конц., мелкий (80% - 15 микрон)	9,0	0,5	1,6
Pb-конц., средний (80% - 40 микрон)	5,0	0,6	2,0
Zn-конц., средний (80% - 30 микрон)	8,0	0,5	1,6
Пиритовый конц., крупный (80% - 60 микрон)	5,0	0,8	2,6
Гематитовый конц., мелкий (80% - 7 микрон)	18,5	0,5	1,6
Магнетит, средний (80% - 40 микрон)	6,0	0,6	2,0
Кальцитовый конц., мелкий (80% - 8 микрон)	15,0	0,4	1,3
Мел, мелкий (80% - 2,4 микрон)	15,0	0,4	1,3

Пример: Мелкий Си-конц. требует 0.5 м³/м²мин для сушки до требуемого значения содержания влаги.

Будет использован фильтр типа VPA 15-40.

Потребление воздуха 0,5 x 40 x 1,7 = 34 м³ в минуту.

“Выбор компрессора”, см. ниже.

Atlas Copco 38,7 м³/мин, установленная мощность 250 кВт (50 Гц).

Atlas Copco 37,8 м³/мин, установленная мощность 285 кВт (60 Гц).

Доводка

Пресс-фильтр VPA - Мощность компрессора

(Ниже, в таблице приведены данные винтовых (безмасляных) двухступенчатых компрессоров среднего давления Atlas Copco с водяным охлаждением, давление на выходе 8 бар (50 Гц) 8.6 бар (60 Гц).

Модель (50 Гц)	Производительность		Установленная мощность		Модель (60 Гц)	Производительность		Установленная мощность	
	(м³/мин)	(фут³/мин)	(кВт)	(л.с.)		(м³/мин)	(фут³/мин)	(кВт)	(л.с.)
ZR3-50	11,0	389	75	100	ZR3-60	12,7	449	104	139
51	13,6	480	90	120	61	15,8	558	127	170
52	16,6	586	110	147	62	19,1	675	148	198
53	19,5	689	132	177	63	22,5	795	180	241
54	22,4	791	160	215	ZR4-60	24,6	869	184	246
ZR4-50	25,1	887	160	215	61	30,8	1 088	230	308
51	30,7	1 085	200	268	62	37,8	1 335	285	382
52	38,7	1 367	250	335	ZR5-60	44,6	1 576	285	382
ZR5-50	46,4	1 639	315	422	61	51,0	1 802	360	483
51	50,3	1 777	315	422	62	56,6	2 000	405	543
52	61,3	2 166	400	536	63	60,9	2 152	405	543
53	68,9	2 434	450	603	ZR6-60	76,2	2 692	-	-
ZR6-50	79,8	2 819	-	-	61	88,2	3 116	-	-
51	100,5	3 551	-	-	62	1 02,0	3 604	-	-
52	112,5	3 975	-	-	63	1 02,8	3 632	-	-

Пресс-фильтр VPA - Выбор насоса питания (ориентировочный)

Для VPA 10, выберите шламовый насос 4"

Для VPA 15, выберите шламовый насос 6"

Для VPA 20, выберите шламовый насос 8"

Пресс-фильтр VPA - Мощность насоса питания (приблизительн)

VPA 10-8 по VPA 10-20	55 кВт	74 л.с.
VPA 10-22 по VPA 10-40	75 кВт	100 л.с.
VPA 15-10 по VPA 15-20	75 кВт	100 л.с.
VPA 15-22 по VPA 15-60	132 кВт	177 л.с.
VPA 20-10 по VPA 20-20	160 кВт	215 л.с.
VPA 20-22 по VPA 20-60	200 кВт	268 л.с.

Пресс-фильтр VPA - Производственная обезвоживающая установка а

В рамках всей установки для обезвоживания, фильтр с продувкой сжатым воздухом является лишь одной частью того, что называют системой VPA.

В состав системы VPA входит следующее оборудование:

Сгуститель для питания фильтра пульпой с рабочей плотностью. (1)

Буферный резервуар для удаления воздуха и управления плотностью пульпы, прежде чем этой пульпой питать насос. (2)

Шламовый насос для подачи питания во время цикла фильтрации. (3)

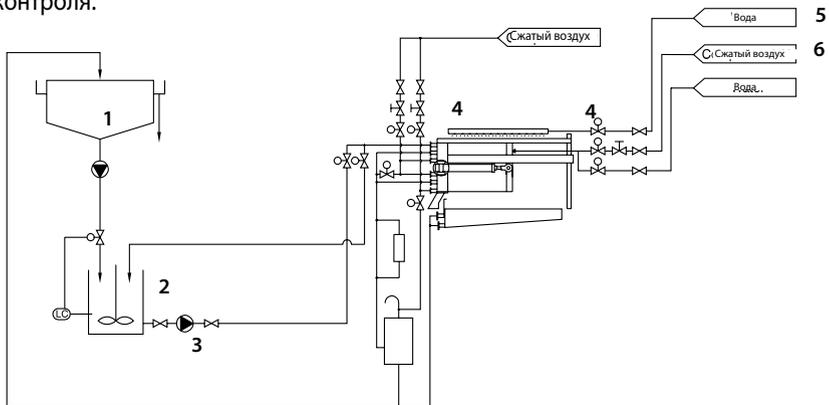
Клапаны для пульпы, воды и воздуха. (4)

Система водяной промывки для полотен фильтрующей ткани. (5)

Система взвешивания для оптимизации рабочих параметров фильтрации, сушки сжатым воздухом и т.п..

Компрессор для подачи сжатого воздуха. (6)

Компьютерная система управления для управления процессом фильтрации и контроля.



Трубчатый пресс – Введение

Чем меньше размер частиц, тем труднее системе VPA выполнять свои функции из-за мощных капиллярных сил, которые связывают частицы с водой. Единственный путь продолжить механическое обезвоживание - это переходить к более высоким перепадам давления на слое осадка (кека) фильтра.

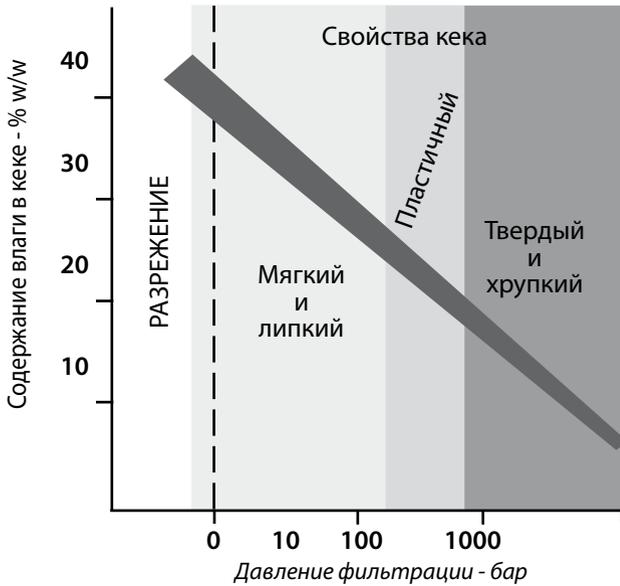
Делать это приходится уже внутри трубы, так как стандартный пресс-фильтр не способен выдержать такое давление.

Трубчатый пресс представляет собой фильтр переменного объема, в котором для сжатия обезвоживаемой пульпы используется гибкая мембрана.



Доводка

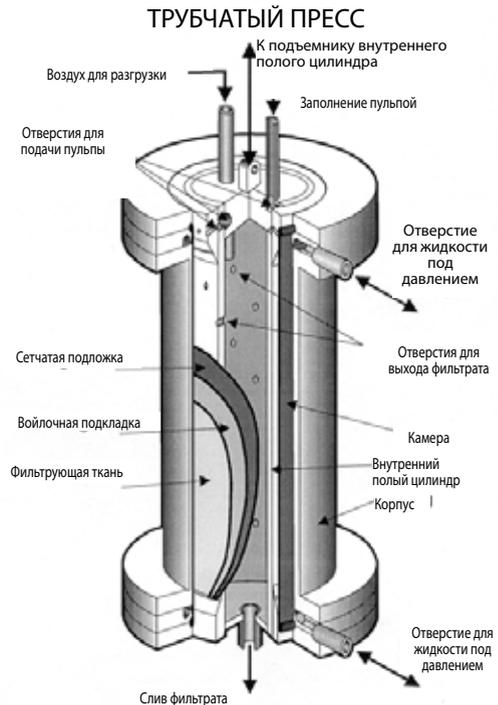
Прикладывая к фильтру более высокое давление или «движущую силу», можно получить более сухой кеk, с более удобными свойствами для последующего оперирования.



Трубчатые прессы работают при давлениях до 100 бар (1 450psi), и изначально они разрабатывались для обезвоживания пульпы мелкозернистого каолина. Их применяют для целого ряда сложных задач фильтрации.

Трубчатый пресс – Конструкция

- Наружный корпус содержит гибкую мембрану (камеру), закрепленную с обеих сторон.
- Вокруг наружной поверхности внутреннего полого цилиндра находится фильтрующая среда
- Внутренний полый цилиндр содержит ряд сливных отверстий для фильтрата, расположенных вокруг, по его поверхности.
- Пульпа поступает в трубчатый пресс через отверстия для подачи питания
- Чтобы создать давление для фильтрации, через отверстия для подачи давления в трубчатый пресс закачивается жидкость и откачивается из него.
- Фильтрат сливается через дренажный патрубок.

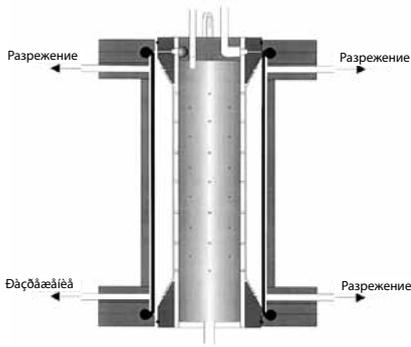


Трубчатый пресс – Работа

Цикл фильтрации

Этап 1 – Начальный цикл

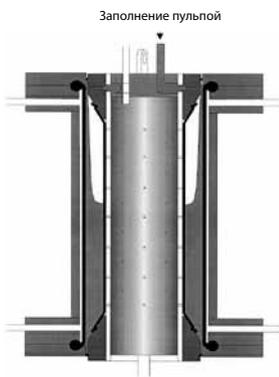
Каждый цикл трубчатый пресс начинает, будучи пустым.



- Внутренний полый цилиндр в рабочем положении.
- Гидравлически создано разрежение.
- Камера оттянута и прижата к корпусу.

Этап 2 – Заполнение пульпой

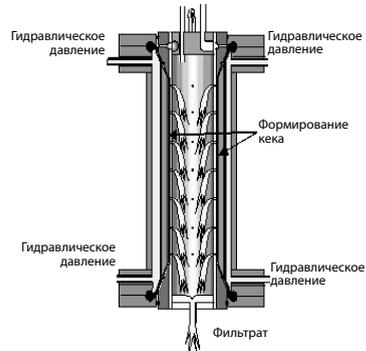
Затем трубчатый пресс заполняется пульпой.



Пульпа поступает в трубчатый пресс через отверстие в верхней части внутреннего полого цилиндра и заполняет кольцевую полость между фильтром и камерой.

Этап 3 – Фаза подачи давления

Давление фильтрации прикладывается путем закачивания в трубчатый пресс жидкости, обычно воды, через предусмотренные для этого отверстия.



- Камера под давлением воды обжимает пульпу вокруг фильтрующей ткани.
- Фильтрат проходит сквозь фильтрующую ткань и сливается в дренаж
- Твердая фракция задерживается фильтрующей тканью и образует кек.

Чтобы использовать преимущество более быстрой фильтрации на ранней стадии и выбрать неплотности в системе, вначале прикладывают низкое давление при большом объеме сжатия. В соответствующий момент прикладывают высокое давление.

Этап 4 – Завершение фильтрации

В конце концов наступает момент, когда дальнейшая фильтрация прекращается.



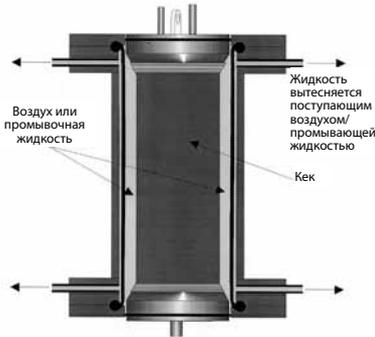
- Кек сформирован
- Фильтрат более не вытекает

Каким будет следующий этап процесса зависит от того, будет ли цикл включать воздушную очистку или промывку кека. Если воздушная очистка или промывка кека требуются, то следующим будет этап 4. Если - нет, то следующим будет этап 6.

Доводка

Этап 5 – Воздушная очистка / Промывка кека

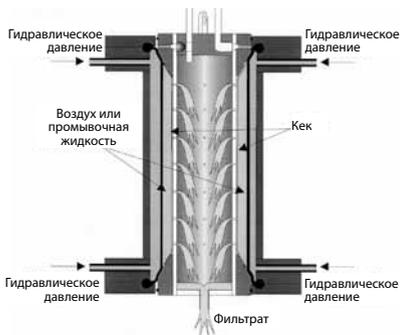
Если кек необходимо подвергнуть воздушной очистке или промывке, то совершаются следующие действия:



- Прессующая жидкость вытесняется из трубчатого пресса поступающим воздухом или промывочной жидкостью.
- Перетекание прессующей жидкости сдерживается ограничителем потока, чтобы поддерживать внутреннее давление в трубе. Это необходимо для предохранения кека от разрушения.

Этап 6 – Повторная подача высокого давления

Как только трубчатый пресс будет заполнен воздухом или промывочной жидкостью, к нему вновь прикладывается высокое гидравлическое давление.

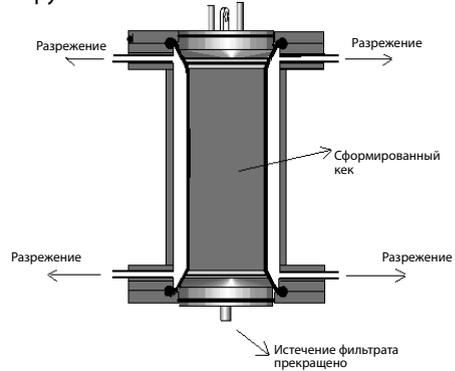


- Воздушная очистка:
 - Воздух дополнительно вытесняет фильтрат из кека, что делает кек более сухим.
 - Для удаления из кека растворимых материалов может также использоваться промывочная жидкость.

Можно производить многократную воздушную очистку и промывку кека.

Этап 7 – Разрезание

После того как последний этап подачи высокого давления будет завершен, необходимо приступить к серии операций по разгрузке.

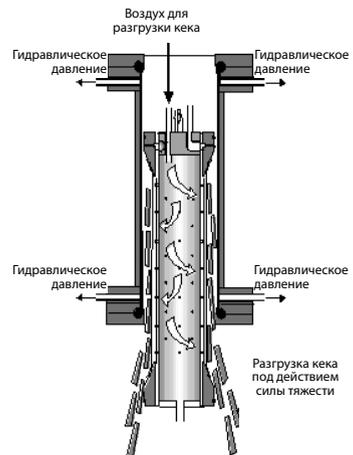


- Отрицательное гидравлическое давление вытягивает прессующую жидкость из трубчатого пресса, отодвигая камеру от кека.
- Камера плотно подтягивается к стенке корпуса.

Чтобы камера полностью прилегала к стенке корпуса и была отодвинута от внутреннего полого цилиндра, система оснащена вакуум-детектором, который при достижении соответствующего разрежения выдает сигнал «приступить к разгрузке».

Этап 8 – Разгрузка

Когда будет достигнут определенный уровень разрежения, начнется разгрузка.



- Внутренний полый цилиндр опускается.
- В полость внутреннего цилиндра подается воздух, который раздувает фильтрующую ткань, что, в свою очередь, приводит к разрушению кека,

который под собственной тяжестью падает.

- Внутренний полый цилиндр затем возвращается в рабочее положение.
- Если кека не поддается разгрузке, система позволяет многократно повторить движение внутреннего цилиндра.
- Внутренний полый цилиндр возвращается в рабочее положение, чтобы начать следующий цикл.
- Система проверит, пуста ли труба, и, если это так, то будет начат следующий цикл.
- Если система обнаружит, что задержано большее количество кека, чем задано, трубчатый пресс будет поставлен в исходное положение и будет выдан предупреждающий сигнал.

Трубчатые прессы – Пример применения

МИНЕРАЛЫ

- Каолин
- Карбонат кальция (включая молотые карбонаты кальция)
- Глины (кроме бентонитовых глин)
- Магnezия из морской воды
- Грязевые отходы производства стали (грязь BOF)
- Двуокись титана
- Оксид железа
- Молибден
- Медный концентрат
- Оксид цинка
- Известь
- Гипс
- Оловянный концентрат
- Подземные воды рудников драгоценных металлов

ХИМИЧЕСКИЕ ВЕЩЕСТВА

- Трикальцийфосфат
- Дикальцийфосфат
- Пирофосфат меди
- Гипохлорит кальция

СТОКИ ЖИДКОСТЕЙ

- Отходы двуокиси титана
- Флуоритовые грязи
- Отработанная пульпа минеральных постелей

ПРОЧЕЕ ПРИМЕНЕНИЕ

- Фармацевтические препараты
- Карбонаты для рафинирования сахара
- Пигменты
- Дрожжи
- Воски (в производстве масел)



Следующие материалы не пригодны для обезвоживания в трубчатых прессах

- Волокнистые материалы (сточные воды, полужидкие отходы водоочистки, пульпа и бумага, фрукты)
- Маслянистые материалы (грязи с примесями масел, стоки металлических отходов)
- Очень разбавленные пульпы
- Глины типа бентонита
- Отходы резин и латексные материалы.
- Процессы, проходящие при нагревании

Доводка

Трубчатый пресс – Материалы, используемые в конструкции

Мокрые части – Все металлические компоненты трубчатого пресса, соприкасающиеся с обрабатываемой пульпой, выполняются из нержавеющей стали Duplex or non corrosive materials.

Корпус – Корпус и все сухие части обычно выполняются из углеродистой стали.

Камера – Стандартный материал - натуральный каучук. Для специальных технологических задач могут быть использованы и другие эластомеры.

Фильтрующая ткань – Выбирается в соответствии с конкретными требованиями процесса.

Трубчатые прессы– Типоразмеры

Трубчатый пресс серии 500 имеет два основных типоразмера.

500 серия. Диаметр корпуса 500 мм. Поставляется с номинальной длиной 1500 мм и 3000 мм. Максимальное давление 100 бар (1450 psi)

Модель	серии 500 1,5 м	серии 500 3 м
Максим. давление фильтрации (бар)	100	100
Длина внутр. цилиндра (мм)	1 500	3 000
Диаметр внутр. цилиндра (мм)	389	389
Площадь поверхн. фильтра (м ²)	1,75	3,47
Эффективный объем (литры)	100	200
Вес внутр. цилиндра (кг)	580	1 100
Общий вес (кг)	2 000	3 000
Высота для крана (м)	6,17	9,17

См. также характеристики на стр. 6:71

Трубчатый пресс - Выбор типоразмера

Пропускная способность трубчатого пресса зависит от:

- Времени цикла
- Веса каждой порции кека (объем камеры)

Типичное время цикла без воздушной очистки

подача низкого давления	0-5 с
заполнение пульпой	10-30 с
подача низкого давления	10-30 с
подача высок.давления (100 бар)	60-360 с
(может быть от менее 60 с до более, чем 10 мин)	
разрежение и разгрузка	45-90 с

Общее время цикла **125-515 секунд**

Время цикла с однократной воздушной очисткой

подача низкого давления	0-5 с
заполнение пульпой	10-30 с
подача низкого давления	10-30 с
подача высок.давления (100 бар)	30-180 с
Воздушная очистка I:	
подача воздуха	30-60 с
подача высок.давления (25 бар)	60-360 с
разрежение и разгрузка	45-90 с

Общее время цикла **185-755 секунд**

Можно применить двукратную и трехкратную воздушную очистку, но это используется очень редко.

Наибольший эффект дает первая воздушная очистка, при этом с каждым дополнительным актом воздушной очистки пропускная способность пресса значительно сокращается.

Цикл, включающий в себя промывку кека, будет подобен вышеописанному циклу с воздушной очисткой.

Трубчатый пресс - Время цикла и влажность кека

Типичное время цикла и остаточная влажность кека:	время (с)	содержание влаги (%)
Мелкий уголь, без воздушной очистки	220	23
Мелкий уголь, с воздушной очисткой	280	15
Цинковый конц., без воздушной очистки	174	9,4
Цинковый конц., с воздушной очисткой	200	6,2
Цинковый конц., с воздушной очисткой	273	13,2
Свинцовый конц., с воздушной очисткой	297	12,1

Трубчатый пресс - Производительность

Количество твердой фракции, которой заполняется пресс в каждом цикле, зависит от оптимальной толщины кека, удельного веса твердой фазы, плотности пульпы питания (сложения кека), и т.п.

Производительность одной трубы (серии 500) для некоторых типичных задач приведена в следующей таблице:

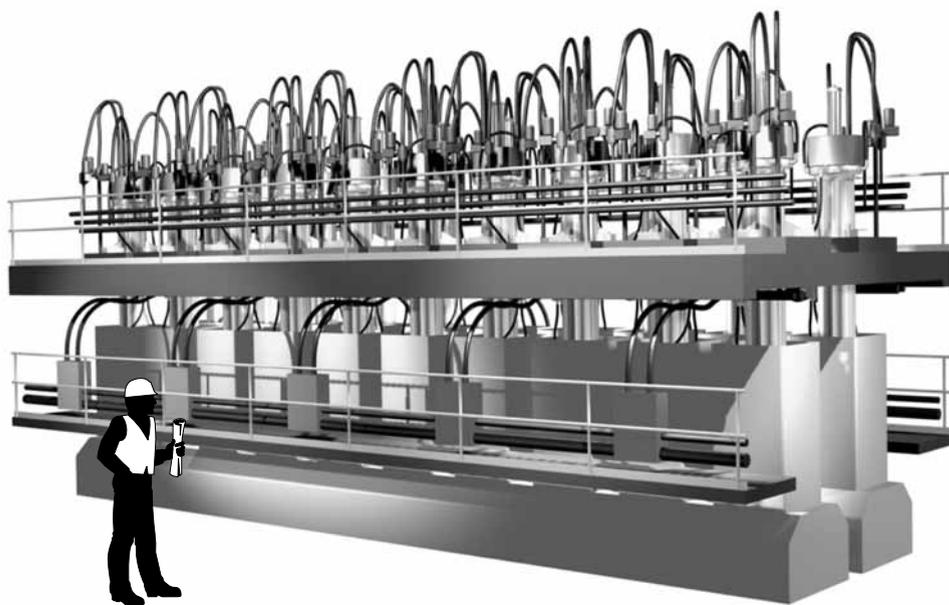
Продукт	Пульпа питания (% твердого w/w)	Содержание влаги в кеке (%)	Выход/Труба 3 м	
			(кг/ч сухого)	(фунт/ч сухого)
Оловянный концентрат	45	9,0	1 250	2 750
Угольная мелочь	45	15,5	1 200	2 650
Продукт возгонки меди	35	20,0	450	990
Гипергенная медь	60	11,5	1 300	2 900
Свинцовый концентрат	60	7,0	2 250	5 000
Цинковый концентрат	60	7,5	2 250	5 000
Наполнитель фарфоровой глины	25	16,5	350	770
Оксид железа	55	20,0	1 500	3 300
Кислотные стоки	15	35,0	375	825
Серные стоки	20	35,0	415	910
Смешанные сульфиды	40	14,0	2 250	5 000

Пример: Обезвоживание в трубчатом прессе оловянного концентрата (хорошо сгущенного) с производительностью 9.5 т/ч (сухого).

Производительность одной трубы = 1250 кг/ч (сухого)

$9500/1250 = 7,6$

Выбираем 8 трубчатых прессов типа 500!



Производственная установка на базе трубчатых прессов будет содержать нужное число трубчатых прессов в соответствии с общей необходимой производительностью.

Трубчатые прессы обычно поставляются и монтируются в виде модулей. Каждый модуль состоит из несущей плиты, на которой крепятся две трубы прессы вместе со всеми местными клапанами и распределительными патрубками. Плиты можно соединять друг с другом, так что трубчатые прессы при сборке можно организовать в одну или в две линии.

Несущие стальные конструкции, лестницы, мостки и проч. проектируются в соответствии с конкретной задачей, для данной установки.

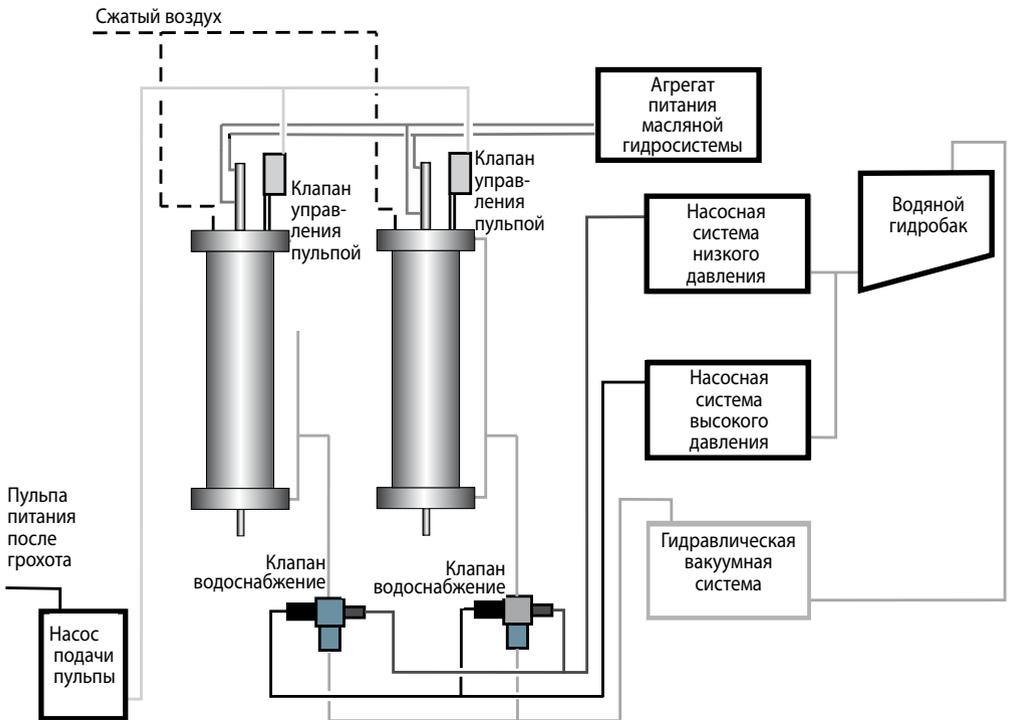
Служебные вспомогательные агрегаты, необходимые для работы установки, обычно поставляются в виде независимых платформ на салазках, и содержат следующее:

- Комплект шламового насоса
- Комплект насоса фильтрации низкого давления
- Комплект насоса фильтрации высокого давления
- Комплект вакуумного резервуара и насоса
- Бак для накопления фильтрационной жидкости
- Масляный гидравлический агрегат (для перемещения внутреннего полого цилиндра при разгрузке)

Трубопроводы и кабели для соединения этих устройств с модулями, установленными на плитах, проектируются по месту, под конкретную установку.

Управление установкой осуществляет система на базе программируемого логического контроллера (PLC), которая обычно включает в себя все средства графического отображения и хранения и обработки данных, необходимые для оптимального управления установкой.

Для работы трубчатого пресса требуется некоторый комплекс вспомогательного оборудования для обеспечения необходимых служебных операций. Ниже показан общий вид системы изделия с приводом насоса.



В число систем, выполняющих эти служебные операции, входят:

- Система подачи пульпы питания
- Система фильтрационного давления
- Система низкого давления
- Система высокого давления
- Вакуумная система
- Гидравлика для подъема внутреннего полого цилиндра
- Агрегат питания масляной гидравлической системы
- Система сжатого воздуха
- Система управления на базе PLC

Доводка

Описание механической части

В приводном агрегате имеется масляный гидравлический силовой агрегат и гидроусилитель Booster. Масляный гидравлический силовой агрегат создаёт приводное усилие, которое через гидроусилитель Booster преобразуется в сжатую рабочую смесь на водяной основе.

Давление и скорость обезвоживания регулируются системой управления, в которую постоянно поступают сигналы обратной связи от датчиков и позиционирующего насоса. Это позволяет постоянно повышать давление в соответствии с графиком обезвоживания материала.



Система управления

Трубчатый пресс управляется с операторского монитора, установленного на пульте управления.

Монитор подключен через PLC, который обрабатывает логику управления и блокировки.

Все специфические для процесса данные и параметры могут устанавливаться и регулироваться в меню настроек монитора.

На монитор выводятся данные о продолжительности производственного цикла, массе пресса и т.д.

Система гидроусилителя Booster

Монтажные преимущества для установок малых и средних габаритов:

- Низкая влажность кека
- Великолепное разделение твердой и жидкой фаз

- Компактная конструкция и простота установки
- Полностью оптимизированное управление
- Полезная качественная информация о производственном процессе и обмен данными
- Легко расширяется
- Небольшое количество движущихся частей
- Повышение эффективности за счет управления процессом в реальном времени
- Экологические преимущества за счёт высокой степени извлечения
- Максимальный энергетический обмен
- Замкнутый цикл оборота рабочей смеси
- Низкая установленная мощность
- Удобство технического обслуживания

Тепловая обработка – Введение

Среди способов механической доводки минералов, обезвоживание в трубчатых прессах обеспечивает самый высокий уровень подводимой энергии. Если требуется дальнейшая доводка, то мы вынуждены использовать тепловую обработку.

Тепловая обработка обычно классифицируется в соответствии с рабочей температурой.

Низкотемпературная обработка (100-200°С)

Используется для сушки - испарения жидкостей из твердой фракции.

Виды применяемого оборудования

- Барабанные сушилки прямого нагрева
- Барабанные сушилки непрямого нагрева
- Паровые барабанные сушилки
- Шнековые сушилки непрямого нагрева (Holo-Flite[®])
- Сушилки кипящего слоя

Среднетемпературная обработка (850 -950°С)

Используется для прокаливания, вздувания глин, обжига известняка и для выжигания формовочного песка

Виды применяемого оборудования

- Барабанные обжиговые печи прямого нагрева
- Барабанные обжиговые печи непрямого нагрева
- Вертикальные обжиговые печи
- Обжиговые печи кипящего слоя

Высокотемпературная обработка (1300-1400°С)

Используется для грануляции железорудных концентратов и для прокаливания нефтяного кокса.

Виды применяемого оборудования

- Барабанные обжиговые печи прямого нагрева

Основы тепловой обработки

Тепловая обработка является дорогостоящим процессом. Это означает, что главный вопрос - это минимизация затрат энергии, числа калорий на тонну. С увеличением рабочих температур этот вопрос приобретает все большую и большую важность.

Сушилки обычно не имеют тепловой изоляции, в то время как обжиговые печи оснащаются жаростойкой футеровкой для защиты механических частей от высоких температур, необходимых для осуществления процесса. Кроме того, чем больше энергии подводится к аппарату, тем более сложными становятся системы рекуперации теплоты.

Оборудование для тепловой обработки всегда поставляется в виде комплексных систем, в состав которых входят:

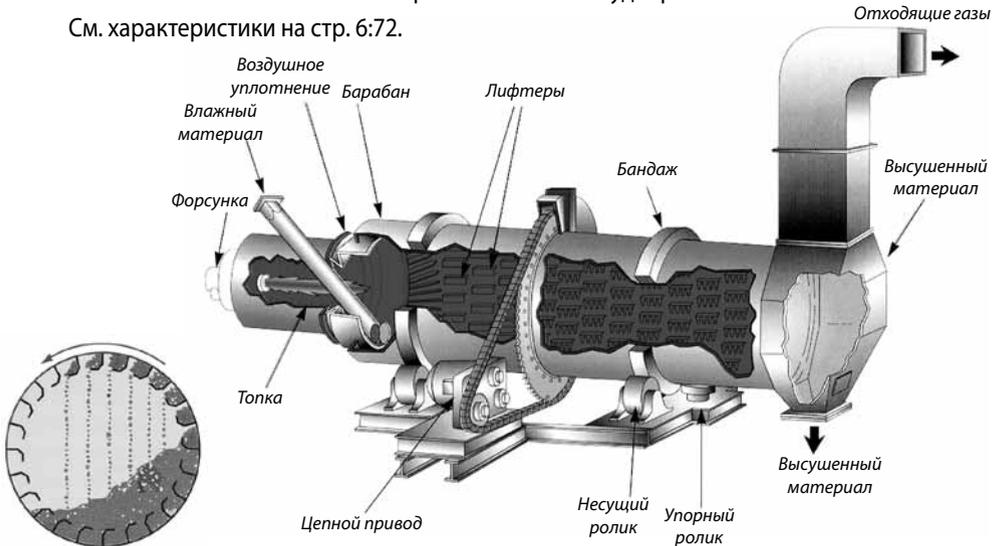
- Механическая сушилка или печь, см. выше
- Оборудование для загрузки и разгрузки питания и продукта
- Система сжигания топлива (топка, вентиляторы, топливная система, и т.д.)
- Оборудование для оперирования с отходящими газами
- Система пылеулавливания (мокрого или сухого)
- Система охлаждения (необязательная)

Доводка

Барabanная сушилка прямого нагрева (Каскадного типа)

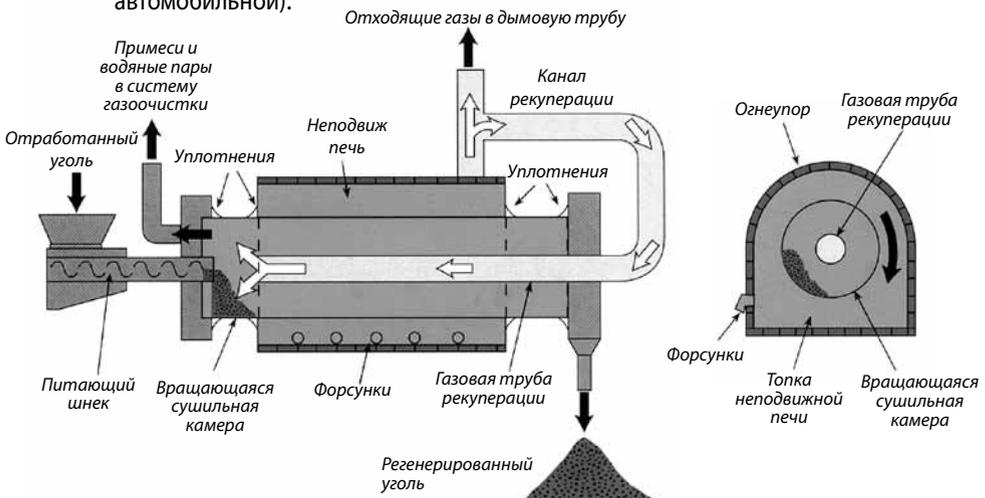
- «Рабочая лошадка» минеральной индустрии.
- Разнообразные варианты внутреннего устройства для эффективной сушки от начала до конца.
- Специальные уплотнения для жесткого контроля атмосферы
- Эффективное сжигание топлива при небольшом объеме обслуживания топки. Безопасность и надежность.
- Диаметр < 0,6-5 м (2-17 фут), длина 5-30 м (7-100 фут). Производительность по питанию от 1 тонны до 500 тонн в час
- Применяется для сушки минералов, глин, песка, каменного наполнителя, продуктов основной химической промышленности и удобрений.

См. характеристики на стр. 6:72.



Барabanная сушилка непрямого нагрева (Обжиговая печь)

- Внутренняя полость с регулируемой средой исключает присутствие продуктов сгорания
- Теплопередача за счет теплопроводности и теплового излучения
- Сушилка может поставляться с форсунками пульсирующего пламени
- Облегчает утилизацию отходящих газов и паров продукта
- Диаметр 0,5м - 4,5 м (1.5-14 фут). Длина от 2.5 м до 30 м (8-96 фут).
- Применяется для сушки опасных, ультратонких и легковоспламеняющихся материалов. Для регенерации активированного угля, пиролиза отходов резины (типа автомобильной).

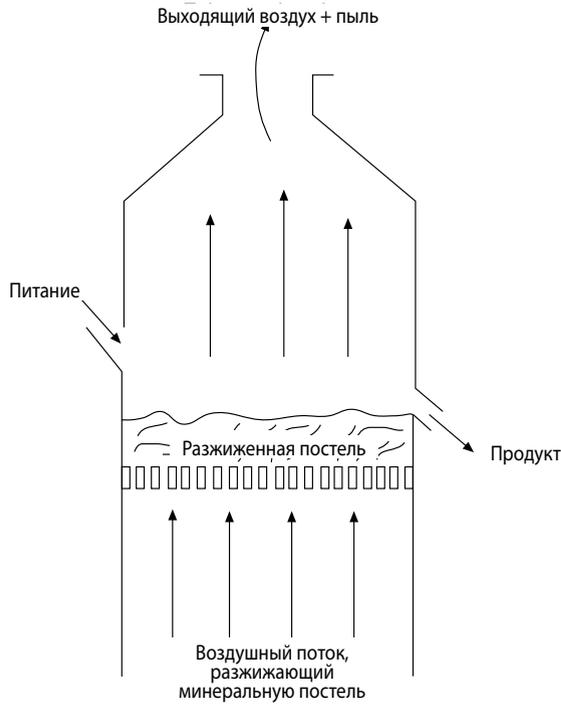


Сушилка кипящего слоя

Принцип действия

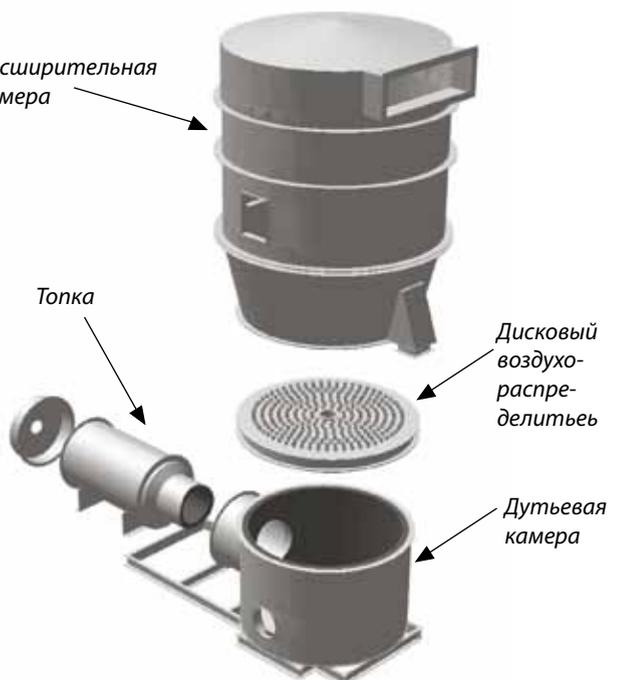
Поток воздуха равномерно проходит через постель, образованную частицами минерала. Если поток достаточно сильный, все частицы постели приобретают подвижность (кипящий слой).

Мы имеем дело с разжиженной постелью, когда верхняя поверхность горизонтальна, а продукт перетекает через слив подобно жидкости.



Сушилка кипящего слоя – Основные компоненты

- Топка
- Дутьевая камера
- Дисковый воздухо-распределитель
- Расширительная камера



Доводка

Принцип кипящего слоя – Преимущества

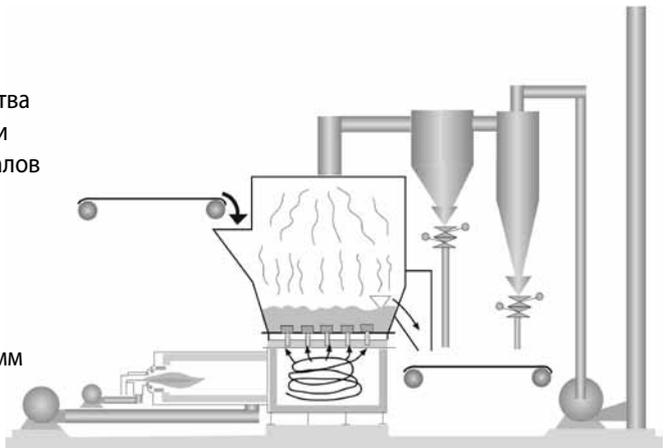
- Минеральная постель ведет себя подобно жидкости, что позволяет использовать оборудование, не содержащее подвижных частей.
- Контакт между воздухом и частицами создает оптимальный тепло- и массообмен.
- Хорошее встряхивание и перемешивание материала способствуют получению продукта однородного качества.

Принцип кипящего слоя - Область применения

- Сушка материалов при температуре постели 100°C (основная сфера применения)
- Охлаждение материалов за счет охлаждения постели водяными трубами
- Прокаливание материалов при температурах постели 750-1200°C
- Сжигание материалов при рабочих температурах 750-900°C (сжигание твердого топлива внутри песчаной постели).

Сушилка кипящего слоя

- Для сушки большинства гранулированных или порошковых материалов
- Производительность до 300 т/ч.
- Крупность частиц минус 6 мм (1/4"), оптимально 0.25-1.0 мм (60-16 меш)
- Пределы крупности 6:1 (оптимально)

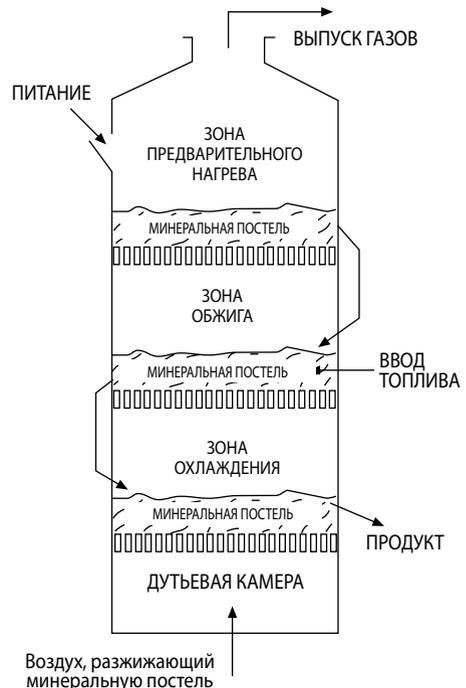


Обжиговая печь кипящего слоя

Рабочие температуры 750-1200°C.

При таких температурах, топливо (газообразное, жидкое или твердое) вводится непосредственно в минеральную постель.

Рекуперация тепла осуществляется за счет мультистадийности процесса. Газы зоны обжига предварительно разогревают питание, в то время как зона охлаждения остужает продукт и подогревает разжижающий постель воздух.



Шнековая сушилка непрямого нагрева (Holo-Flite®)

Принцип действия

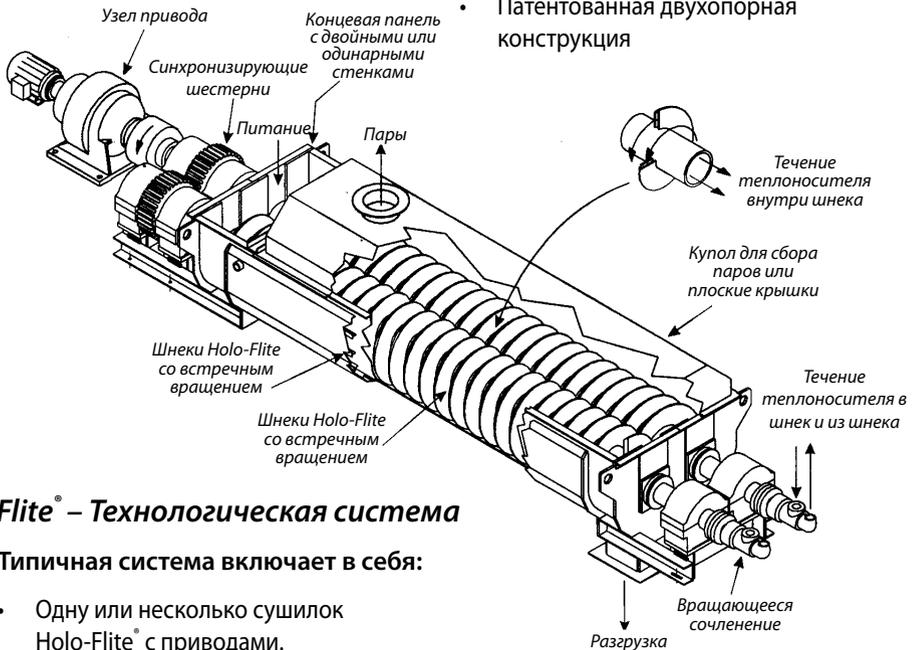
Принцип действия сушилки Holo-Flite® такой же, что и барабанной сушилки непрямого нагрева (рассмотрена выше) с той разницей, что подлежащий сушке продукт непрерывно транспортируется посредством вращающейся спирали шнека. Управляя температурой теплопередающей среды (теплоносителя) и скоростью вращения шнека, можно жестко контролировать ход процесса сушки. Обычно осуществляется рециркуляция теплоносителя, что дает высокую тепловую эффективность. Конструкция очень компактна, что дает определенные преимущества при размещении оборудования.

Конструкция сушилки Holo-Flite®

- Конструкция может выдерживать температуры в пределах 0-1200°C (30-2000°F)
- Материал конструкции

углеродистая сталь, нерж.сталь 304 SS и 316SS

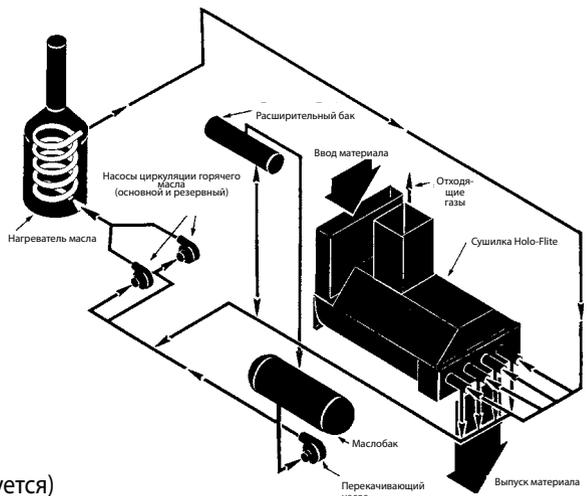
- Диаметр шнека 175-750 мм (7-30"), 1,2 или 4 шнека
- Прямоточное или противоточное движение теплоносителя
- Патентованная двухпорная конструкция



Holo-Flite® – Технологическая система

Типичная система включает в себя:

- Одну или несколько сушилок Holo-Flite® с приводами.
- Источник теплоносителя
- Система нагрева теплоносителя (нагреватель с системой управления, бак хранения топлива и расширительный бак, насос перекачки теплоносителя, циркуляционные насосы для горячего теплоносителя)
- Система безопасности (распылитель и азот)
- Панель управления
- Вентилятор выпуска паров
- Пылеуловитель (если требуется)



Доводка

Сушилки Holo-Flite® - Теплоноситель

Пар (до 10 бар)	100 - 200°C	200 - 400°F
Горячее масло	150 - 350°C	300 - 660°F

Сушилки Holo-Flite® - Область применения

Важным моментом применения сушилок Holo-Flite® является то, что материал должен переноситься шнековым транспортером и не должен прилипнуть к поверхности транспортирующей спирали. Максимальная рекомендуемая крупность зерен 12 мм (1/2").

Несмотря на эти ограничения, для сушилок, работающих на описанном принципе, имеется масса применений:

- Угольная мелочь
- Минеральная мелочь
- Углеродная сажа
- Железный порошок
- Другие полезные гранулированные и порошковые материалы

Сушилки Holo-Flite® - Выбор типоразмера

Так же как и в случае остального оборудования для тепловой обработки, выбор типоразмера сушилок Holo-Flite® представляет собой сложную задачу, обычно решаемую на компьютере на основе данных опробывания лабораторных или опытных установок.

Некоторые типичные цифры по сушке материалов:

Измельченный известняк

Использованное оборудование: одна машина с 4 шнеками, диаметр 600 мм(24"). Длина 7.2м (24фут)
12 т/ч 15°C на входе 138°C на вых.

Хлорид калия

Использованное оборудование: одна машина с 2 шнеками, диаметр 400 мм(16"). Длина 6 м (20 фут)
9 т/ч 0°C на входе 110°C на вых.
См. также характеристики на стр. 6:75.

Некоторые сведения об охлаждении материалов

В большинстве процессов тепловой обработки, выгружаемый материал имеет высокую температуру. Для того чтобы понизить его температуру, или осуществить рекуперацию некоторого количества тепла, или сделать и то и другое, используют охладители.

Большинство охладителей представляют собой сушилки, работающие «в обратном направлении», однако имеющие более высокую производительность из расчета на установленную машину.

Охладители барабанного типа

Обычно используются три основные конструкции охладителей:

- Воздухоструйные охладители построены подобно барабанной сушилке прямого нагрева с противоточным движением газов, в которой горячие газы заменены наружным воздухом.
- Охладители с водяным охлаждением барабана, в которых корпус барабана охлаждается водой или погружен в водяной бассейн.
- Трубчатые водяные охладители имеют такую же конструкцию, что и паровая барабанная сушилка, в которой пар заменен холодной водой.

Охладители с кипящим слоем

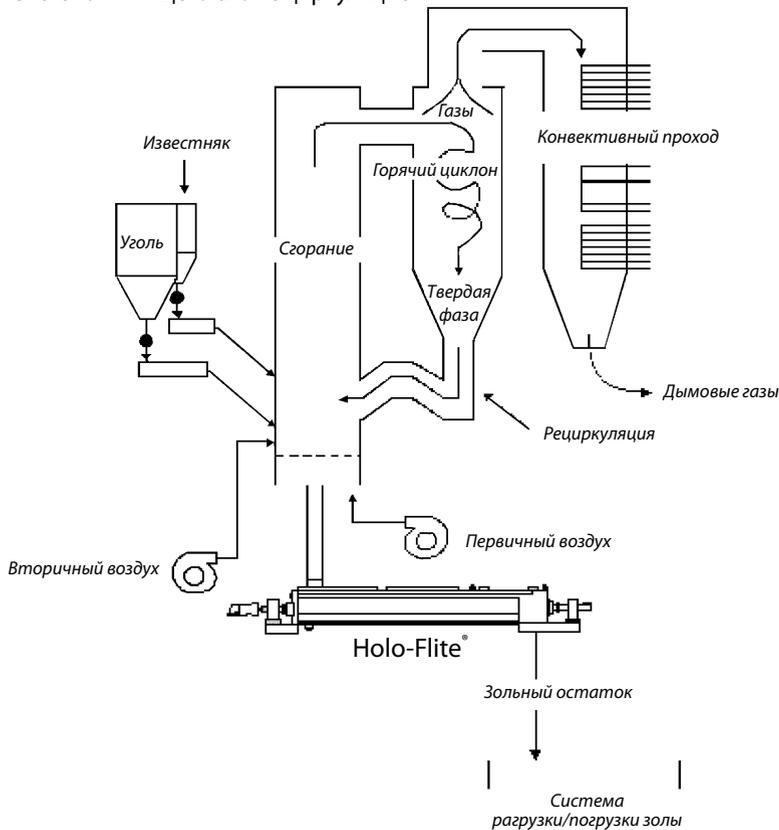
Принцип разжиженной минеральной постели можно использовать и для целей охлаждения. В этом случае разжиженная постель охлаждается внутренними водяными трубами.

Охладители типа Holo-Flite®

В действительности, машины Holo-Flite® чаще всего применяются для охлаждения. В этих случаях, в качестве среды, циркулирующей внутри шнека, используют воду. Так как конструкция шнекового транспортера держит очень высокие температуры, машины Holo-Flite® часто применяются для охлаждения золы, особенно, когда можно использовать компактность конструкции Holo-Flite®, см. ниже.

Охлаждение золы

Система кипящего слоя с циркуляцией



Охладители и рекуперация тепла

Тепловая обработка связана с необходимостью ограничения подводимой энергии на каждой стадии процесса. Это сильнейший аргумент (вместе с вопросами охраны окружающей среды), когда приходится делать выбор среди конкурирующих систем.

Система, обладающая наилучшим тепловым балансом, видимо, имеет и наилучшую систему рекуперации тепла, которая использует энергию, высвобождаемую при охлаждении.

Системы Пирообработки – среднетемпературной и высокотемпературной

Как было сказано выше, все установки пирообработки обычно поставляются в виде комплектных технологических систем, включая базовое нагревательное оборудование со вспомогательными системными модулями для сжигания, вывода газов, сбора пыли, рекуперации тепла, охлаждения перед нагревом, загрузки и выгрузки, КИПиА, управления и т.д.

Система Grate-Kiln для производства железорудных окатышей

Система **Grate-Kiln** экономично перерабатывает множество железных руд в высококачественные железорудные окатыши, которые затем используются в производстве стали. Окатыши, производящиеся с помощью системы Grate-Kiln, служат сырьем как для доменных печей, так и в процессах прямого получения металла. Система Grate-Kiln состоит из следующих основных компонентов:

Барабанный окомкователь – цилиндрическая машина, в которой из смеси мелко измельченной железной руды и других присадок при добавлении воды за счет динамических сил вращения получают однородные окатыши сферической формы.

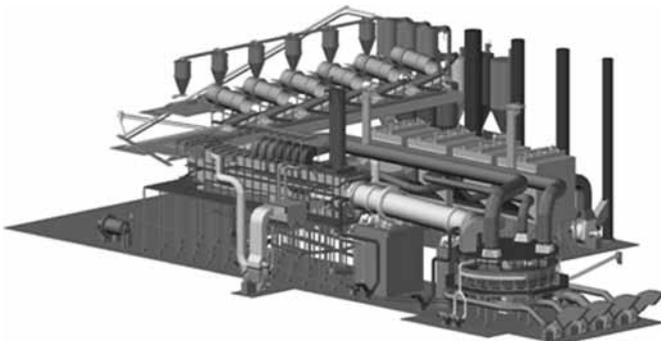
Колосниковый конвейер – механический транспортер, совмещенный с системой термической обработки, который принимает окатыши с барабанного окомкователя, сушит их, удаляя из них влагу, и упрочняет их предварительным нагревом с последующим частичным соединением минеральных связей (затвердеванием) окатышей.

Вращающаяся обжиговая печь – наклонная вращающаяся печь цилиндрической формы с осевой горелкой на разгрузке, которая принимает частично затвердевшие окатыши с колосникового конвейера, полностью упрочняет и отверждает их обжигом, завершая однородное формирование минеральных связей в процессе подачи тепла и равномерного перемешивания.

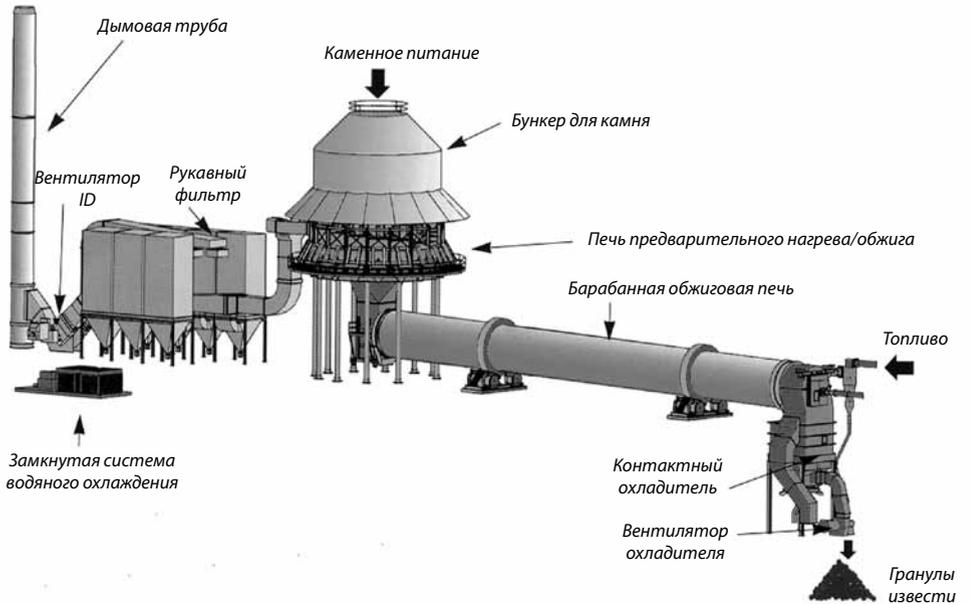
Кольцевой охладитель – кольцевая конструкция, с верхней частью вращающейся над нижней, которая принимает обожженные окатыши из вращающейся печи и охлаждает их для последующей разгрузки, одновременно рекуперировав значительную тепловую энергию, которая возвращается в колосниковый конвейер.

Система Grate-Kiln демонстрирует следующие преимущества:

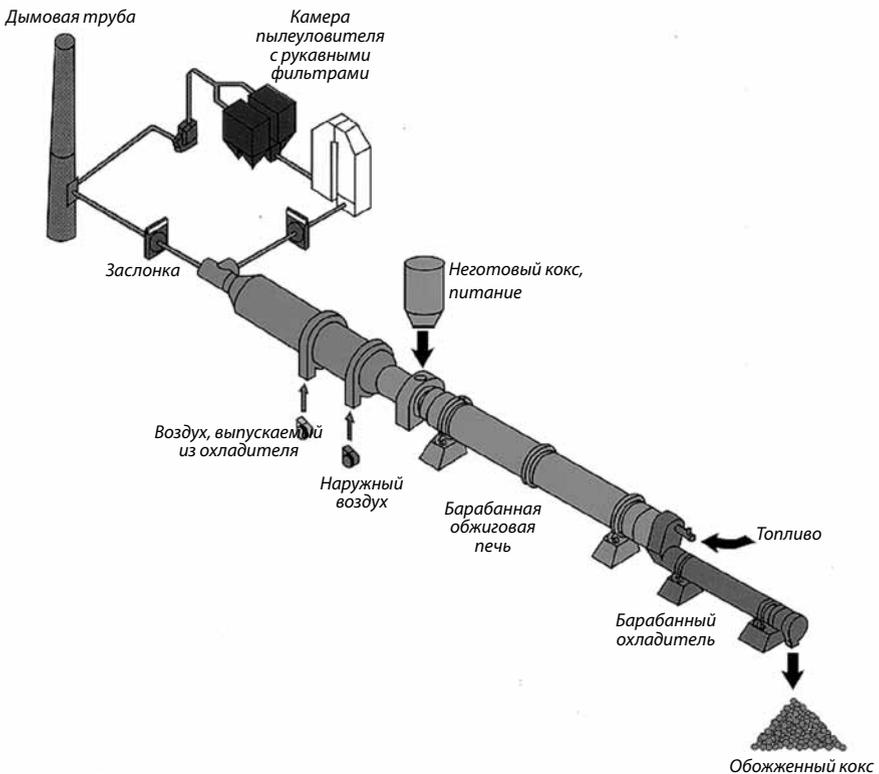
- **Технология** – низкий расход топлива за счёт рекуперации тепла из кольцевого охладителя в колосниковый конвейер, предварительного нагрева воздуха горения, радиальной теплопередачи во вращающейся печи.
- **Эксплуатация** – независимое управление предварительным нагревом, обжигом и охлаждением за счет использования трех независимых систем (колосникового конвейера, вращающейся обжиговой печи, кольцевого охладителя), универсальность для переработки множества железных руд, различные виды топлива для сжигания (уголь, мазут, газ, биотопливо, топливо из отходов и т.д.)



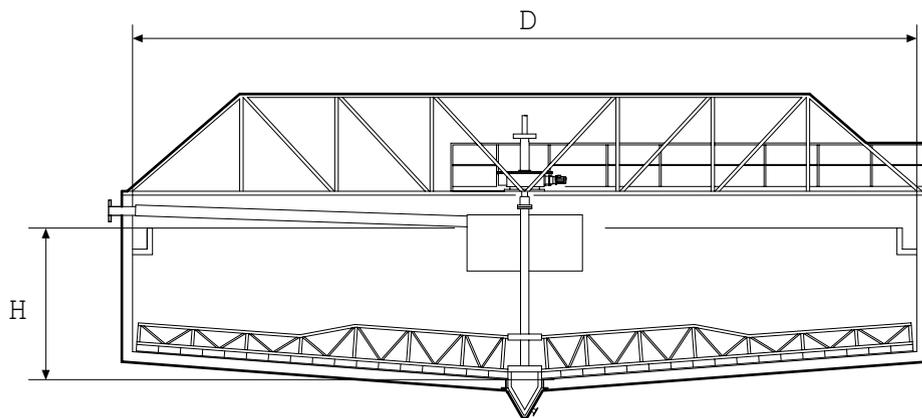
Система обжига извести



Система обжига кокса



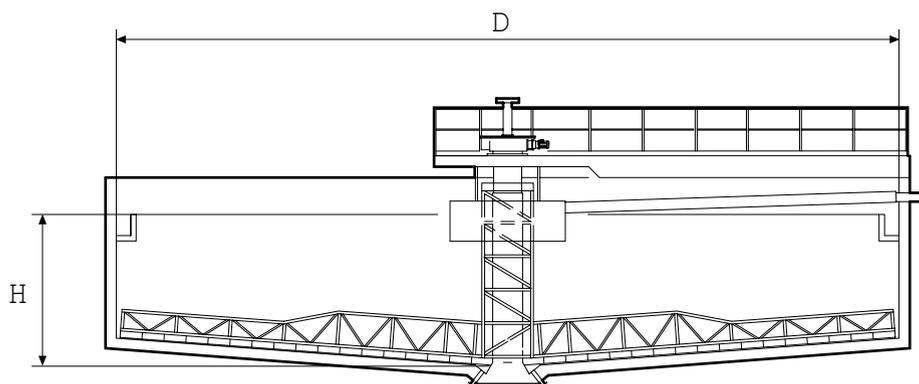
Осветитель / Сгуститель – Мостового типа



Доводка

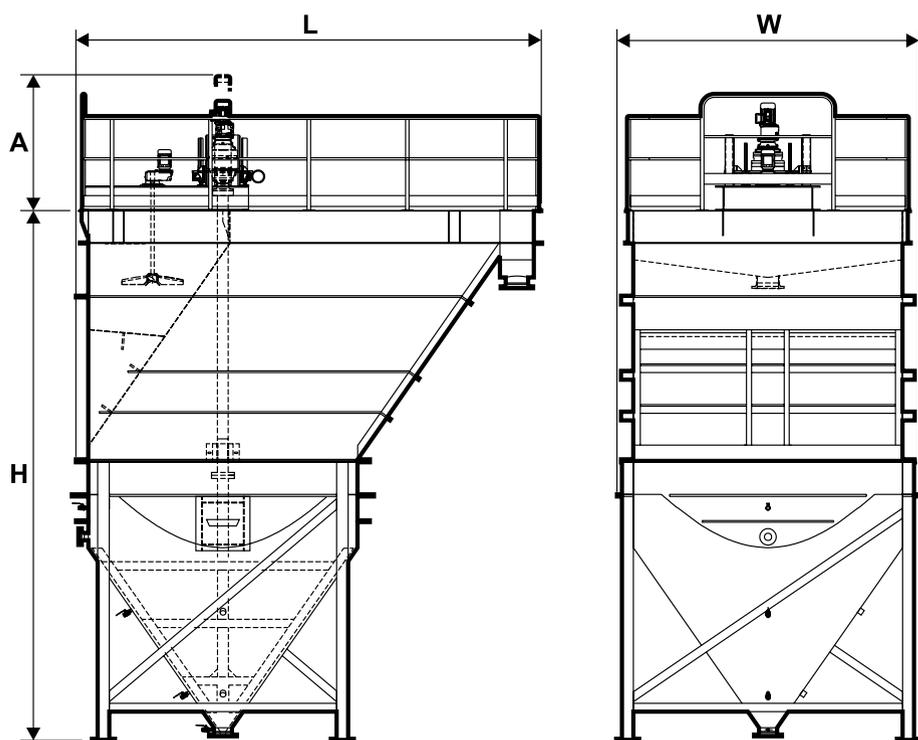
Диаметр		Высота		Площадь	
(м)	(фут)	(м)	(фут)	(м ²)	(фут ²)
10	33	3.0	10	78	839
12	39	3.0	10	113	1 216
14	46	3.0	10	154	1 658
16	52	3.6	12	201	2 164
18	59	3.6	12	254	2 734
20	66	3.6	12	314	3 380
22	72	3.6	12	380	4 090
24	79	4.6	15	452	4 865
26	85	4.6	15	531	5 716
28	92	5.2	17	616	6 631
30	98	5.2	17	706	7 599
32	105	5.2	17	804	8 654
34	111	5.2	17	908	9 773
36	118	5.2	17	1 018	10 958
38	125	5.2	17	1 134	12 206
40	131	5.5	18	1 257	13 530
42	138	5.5	18	1 385	14 913
44	144	5.8	19	1 521	16 367

Осветлитель / Сгуститель – С центральной колонной



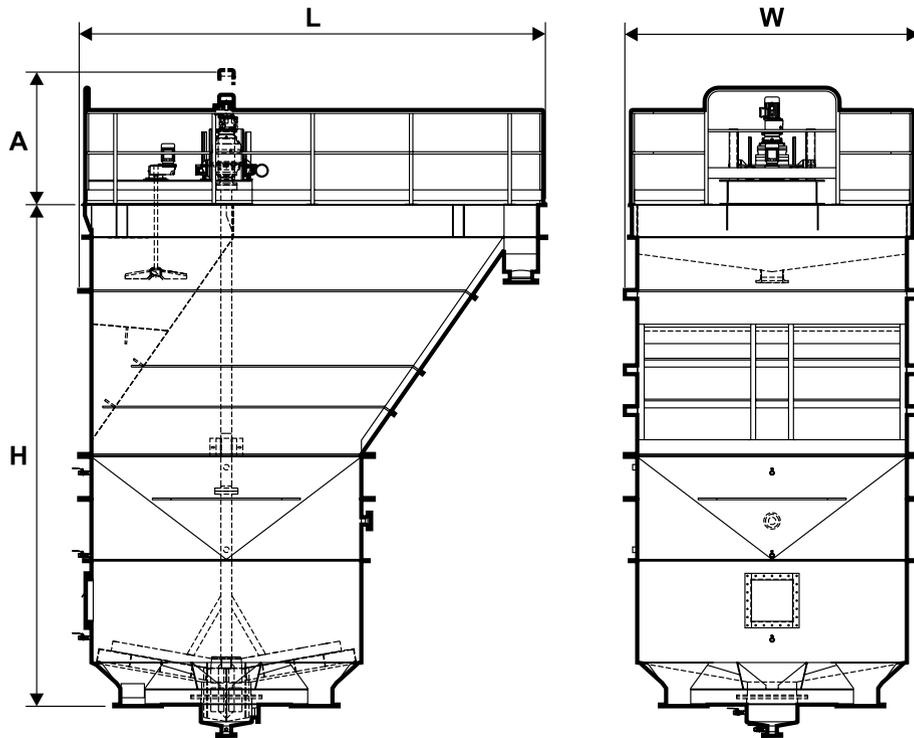
Диаметр		Высота		Площадь	
(м)	(фут)	(м)	(фут)	(м ²)	(фут ²)
40	131	5.5	18	1 257	13 530
42	138	5.5	18	1 385	14 913
44	144	5.8	19	1 521	16 367
46	151	5.8	19	1 662	17 889
48	157	5.8	19	1 810	19 479
50	164	6.4	21	1 963	21 130
52	170	6.4	21	2 124	22 860
54	177	7.0	23	2 290	24 653
56	184	7.0	23	2 463	26 512
58	190	7.0	23	2 642	28 440
60	197	7.3	24	2 827	30 430
65	213	7.6	25	3 318	35 715

Пластинчатый сгуститель – LT



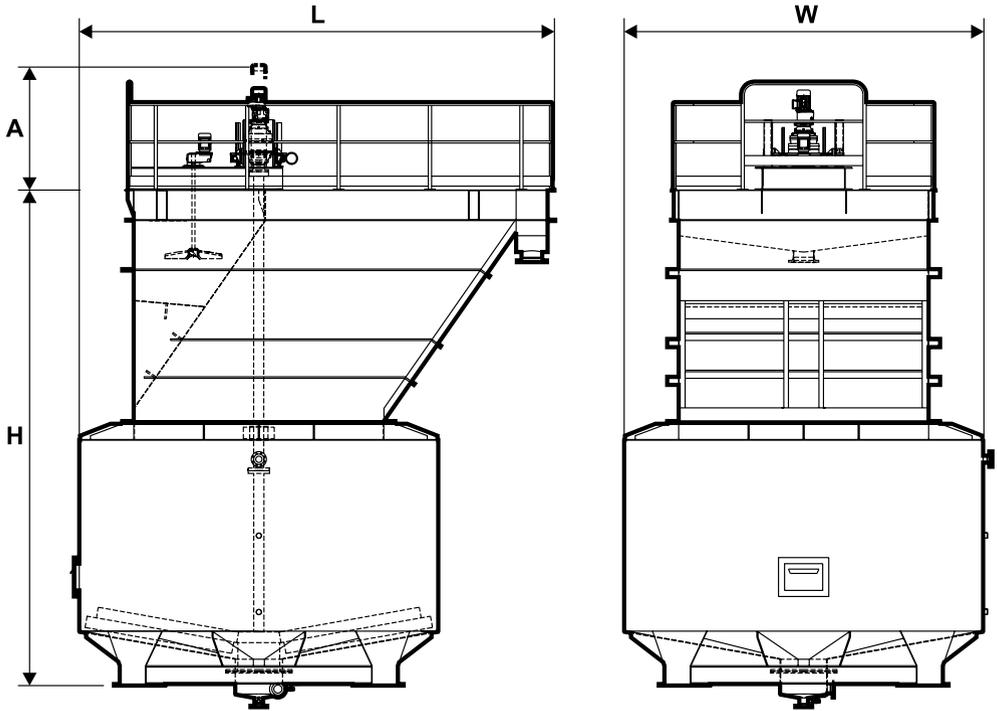
Модель (макс.)	H мм (фут)	L мм (фут)	W мм (фут)	A мм (фут)	Общий пульпы флуккулатора м ³ (фут ³)	Объем м ³ (фут ³)	Объем пустой м ³ (фут ³)	Вес, кг (фунт)
LT 15	3 485 (11,4)	2 640 (8,7)	1 345 (4,4)	1 800 (5,9)	4,6 (39)	1,1 (28)	0,8 (3 968)	1 800
LT 30	4 300 (14,1)	3 430 (11,3)	1 830 (6,0)	1 800 (5,9)	9,2 (81)	2,3 (28)	0,8 (7 716)	3 500
LT 50	4 650 (15,3)	3 865 (12,7)	2 230 (7,3)	1 800 (5,9)	16,2 (148)	4,2 (71)	2,0 (10 582)	4 800
LT 100	5 400 (17,7)	4 510 (14,8)	2 870 (9,4)	1 800 (5,9)	28,7 (332)	9,4 (106)	3,0 (17 196)	7 800
LT 150	5 950 (19,5)	5 540 (18,2)	3 100 (10,2)	1 800 (5,9)	41,5 (512)	14,5 (141)	4,0 (23 149)	10 500
LT 200	6 500 (21,3)	5 740 (18,8)	3 690 (12,1)	1 800 (5,9)	54,6 (664)	18,8 (177)	5,0 (29 101)	13 200
LT 350	8 100 (26,6)	6 910 (22,7)	4 500 (14,8)	2 000 (6,6)	105,8 (1 688)	47,8 (247)	7,0 (53 572)	24 300
LT 500	8 630 (28,3)	7 810 (25,6)	5 780 (19,0)	2 000 (6,6)	160,8 (2 571)	72,8 (283)	8,0 (87 082)	39 500

Пластинчатый сгуститель – LT



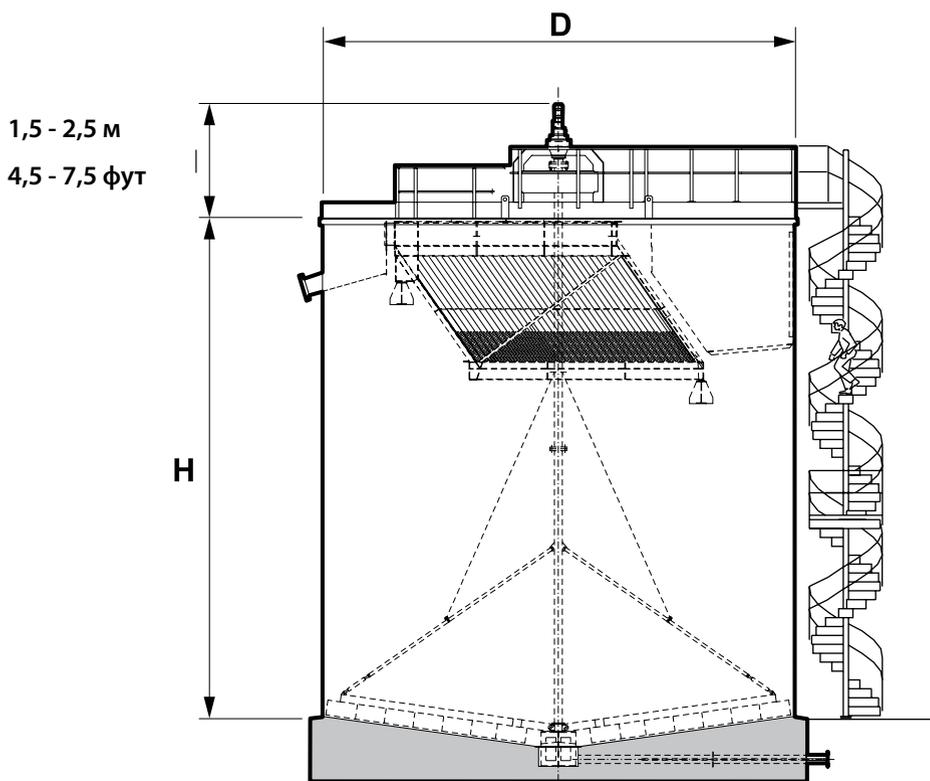
Модель (макс.)	H мм (фут)	L мм (фут)	W макс. мм (фут)	A объем мм (фут)	Общий пульпы м ³ (фут ³)	Объем флокулятора м ³ (фут ³)	Объем пустой м ³ (фут ³)	Вес, кг (фунт)
LTS 15 (12,3)	3 750 (8,7)	2 640 (4,4)	1 345 (5,91)	1 800 (184)	5,2 (60)	1,7 (28)	0,8 (4 409)	2 000
LTS 30 (15,2)	4 620 (11,3)	3 430 (6,0)	1 830 (5,91)	1 800 (392)	11,1 (148)	4,2 (28)	0,8 (8 157)	3 700
LTS 50 (15,4)	4 700 (12,7)	3 865 (7,3)	2 230 (5,91)	1 800 (657)	18,6 (233)	6,6 (71)	2,0 (11 244)	5 100
LTS 100 (16,8)	5 130 (14,8)	4 510 (9,4)	2 870 (5,91)	1 800 (1 148)	32,5 (466)	13,2 (106)	3,0 (18 960)	8 600
LTS 150 (17,4)	5 300 (18,2)	5 540 (10,2)	3 100 (5,91)	1 800 (1 617)	45,8 (664)	18,8 (141)	4,0 (24 912)	11 300
LTS 200 (20,01)	6 100 (18,8)	5 740 (12,1)	3 690 (5,91)	1 800 (2 182)	61,8 (918)	26,0 (177)	5,0 (34 833)	15 800
LTS 350 (20,3)	6 200 (22,7)	6 910 (14,8)	4 500 (6,56)	2 000 (4 026)	114,0 (1 978)	56,0 (247)	7,0 (50 706)	23 000
LTS 500 (21,0)	6 400 (25,6)	7 810 (19,0)	5 780 (6,56)	2 000 (5 403)	153,0 (2 295)	65,0 (283)	8,0 (79 366)	36 000

Пластинчатый сгуститель – LTK



Модель	H мм (фут)	L мм (фут)	W мм (фут)	A макс. мм (фут)	Общий объем м ³ (фут ³)	Объем пульпы м ³ (фут ³)	Объем флокулятора м ³ (фут ³)	Вес, пустой кг (фунт)
LTK 15	5 100 (16,7)	2 795 (9,2)	1 610 (5,3)	1 800 (5,9)	8,0 (283)	4,5 (159)	0,8 (28)	2 200 (4 850)
LTK 30	4 550 (14,9)	3 690 (12,11)	2 310 (7,6)	1 800 (5,9)	14,5 (512)	7,6 (268)	0,8 (28)	4 500 (9 921)
LTK 50	4 800 (15,7)	4 170 (13,7)	2 810 (9,2)	1 800 (5,9)	23,5 (830)	11,5 (406)	2,0 (71)	6 200 (13 669)
LTK 100	5 390 (17,7)	5 020 (16,5)	3 715 (12,2)	1 800 (5,9)	45,5 (1 607)	26,2 (925)	3,0 (106)	10 100 (22 267)
LTK 150	5 800 (19,0)	5 885 (19,3)	4 490 (14,7)	1 800 (5,9)	61,0 (2 154)	34,0 (1 201)	4,0 (141)	13 000 (28 660)
LTK 200	6 500 (21,3)	6 235 (20,6)	4 715 (15,5)	1 800 (5,9)	87,0 (3 072)	51,2 (1 808)	5,0 (177)	16 500 (36 376)
LTK 350	6 930 (22,7)	7 485 (24,6)	6 220 (20,4)	2 000 (6,6)	143,0 (5 050)	85,0 (3 002)	7,0 (247)	26 500 (58 422)
LTK 500	6 940 (22,8)	8 705 (28,6)	7 520 (24,7)	2 000 (6,6)	200,0 (7 063)	112,0 (3 955)	8,0 (283)	46 500 (102 515)

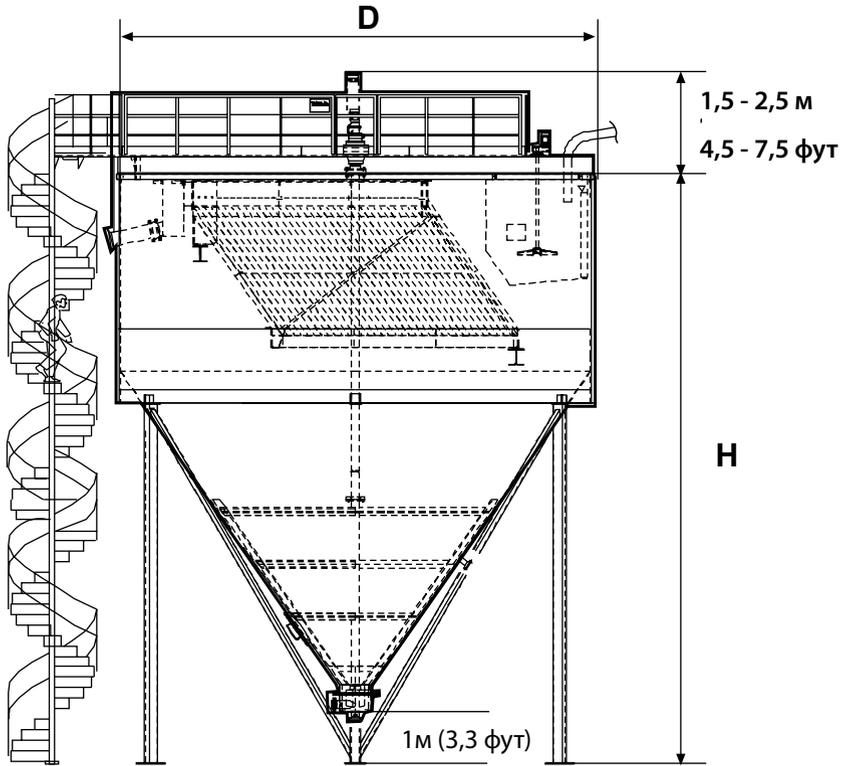
Пластинчатый сгуститель – LTE



Доводка

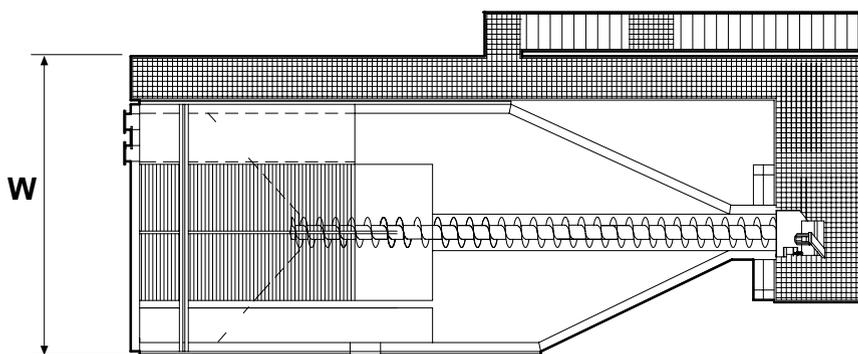
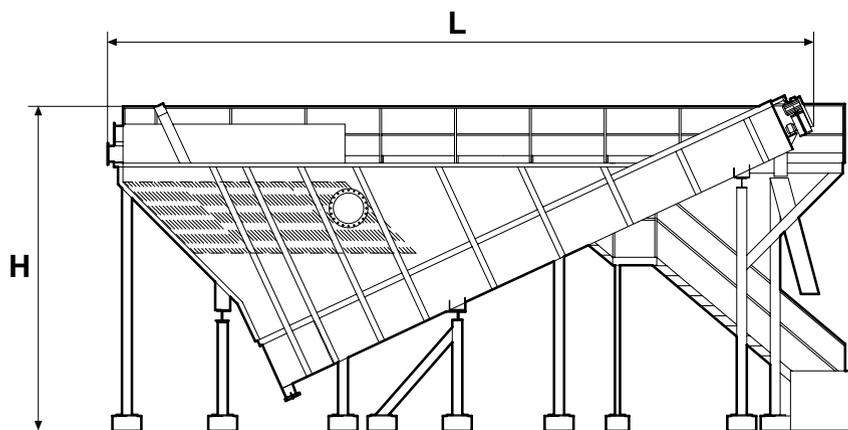
Модель	Площадь осаждения	Диам. чана (D)	Высота чана (H)	Объем пульпы	Общий объем
	м ² (фут ²)	мм (фут)	мм (фут)	м ³ (фут ³)	м ³ (фут ³)
LTE 220-6.3	220 (2 386)	6 300 (20,7)	6 000 (19,7)	86 (3 037)	192 (6 780)
			9 000 (29,5)	179 (6 321)	285 (10 065)
LTE 275-7.1	275 (2 960)	7 100 (23,3)	6 000 (19,7)	110 (3 884)	244 (8 617)
			9 000 (29,5)	228 (8 052)	363 (12 819)
LTE 440-8.3	440 (4736)	8 300 (27,0)	6 000 (19,7)	151 (5 333)	335 (11 830)
			9 000 (29,5)	314 (11 089)	497 (17 551)
			12 000 (39,4)	476 (16 810)	660 (23 308)
LTE 550-9.0	550 (5 920)	9 000 (29,5)	6 000 (19,7)	179 (6 321)	395 (13 949)
			9 000 (29,5)	370 (13 066)	586 (20 694)
			12 000 (39,4)	561 (19 811)	777 (27 440)
LTE 800-10.5	800 (8 611)	10 500 (34,4)	6 000 (19,7)	246 (8 687)	541 (19 105)
			9 000 (29,5)	506 (17 869)	801 (28 287)
			12 000 (39,4)	766 (27 051)	1 060 (37 434)
LTE 1040-12	1 040 (11 194)	12 000 (39,4)	6 000 (19,7)	326 (11 513)	710 (25 073)
			9 000 (29,5)	665 (23 484)	1 050 (37 080)
			12 000 (39,4)	1 004 (35 456)	1 389 (49 052)

Пластинчатый сгуститель – LTE/C



Модель объем	Площадь осаждения м ² (фут ²)	Диам. чана(D) мм (фут)	Высота чана (H) мм (фут)	Объем пульпы м ³ (фут ³)	Общий м ³ (фут ³)
LTE/C 220-6.3	220 (2 368)	6 300 (20,7)	8 500 (27,9)	66 (2 331)	172 (6 074)
LTE/C 275-7.1	275 (2 960)	7 100 (23,3)	10 000 (33,0)	91 (3 214)	225 (7 946)
LTE/C 440-8.3	440 (4 736)	8 300 (27,2)	11 000 (36,0)	140 (4 944)	324 (11 442)
LTE/C 550-9.0	550 (5 920)	9 000 (29,5)	11 500 (37,7)	175 (6 180)	391 (13 808)
LTE/C 800-10.5	800 (8 611)	10 500 (34,4)	12 500 (41,0)	269 (9 499)	563 (19 882)
LTE/C 1040-12	1 040 (11 194)	12 000(39,4)	13 500 (44,3)	392(13 843)	776 (27404)

Спиральный обезвоживатель



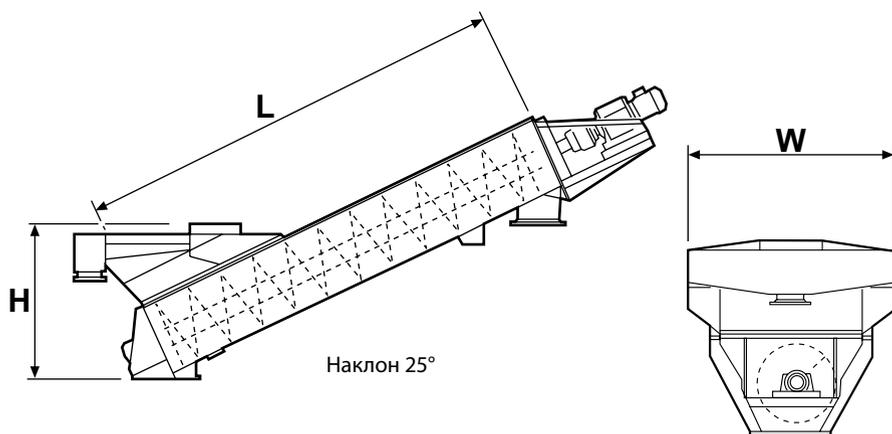
Доводка

Модель	Н мм (дюйм)	Л мм (дюйм)	W мм (дюйм)	Мощность кВт/л.с.	Вес т (пустой)	Объем ванны м³ (фут³)
SD 60-8*	2 815 (111)	7 340 (289)	2 300 (91)	1.5/2	9.0	8 (283)
SD 60-10	3 160 (124)	8 370 (330)	2 300 (91)	1.5/2	9.3	12 (424)
SD 60-20	4 000 (157)	10 600 (417)	3 200 (126)	3/4	12.5	30 (1 059)
SD 60-25	5 350 (211)	11 100 (437)	4 500 (177)	3/4	13.8	44 (1 554)
SD 60-30	6 400 (252)	14 000 (551)	5 000 (197)	4/5	23.0	70 (2 472)
SD 60-38**	5 350 (211)	11 100 (437)	4 500 (177)	3/4	14.4	44 (1 554)
SD 60-100**	6 400 (252)	14 000 (551)	5 000 (197)	4/5	24.4	70 (2 473)

*60-8, 60 = диам. спирали в см (24дюйма) -8 = площадь осаднения 8м2 (86фут²)
 10м² (108фут²), 20м² (216фут²), 25м² (270фут²), 30м² (323фут²), 38м²(409фут²),
 100м²(1 080фут²)

** С наклонными пластинами

Песковый шнек

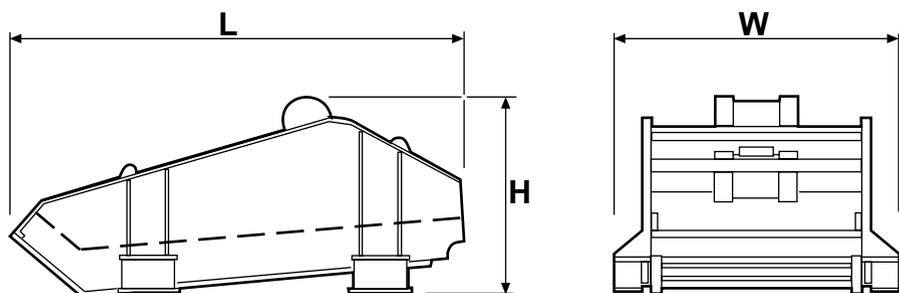


Доводка

Модель	H мм (дюйм)	L мм (дюйм)	W мм (дюйм)	Мощность кВт/л.с.	Вес т	Производит. по тверд.* м ³ /ч (US гал/мин)
SS 4050	1 430 (56)	5 000 (197)	1 400 (55)	2,2/3.0	1,8	6 /26
SS 5060	1 540 (60)	6 000 (236)	1 500 (59)	3,2/4.3	2,7	11/48
SS 6060	1 720 (68)	6 000 (236)	1 720 (68)	5,5/7.4	3,3	16/70
SS 7065	1 810 (71)	6 500 (256)	1 810 (71)	7,5/10	4,0	23/101
SS 8070	1 900 (75)	7 000 (276)	1 900 (75)	9,2/12	4,8	35/154
SS 9075	1 995 (79)	7 500 (295)	1 995 (79)	11/15	5,6	45/198
SS 10075	2 080 (82)	7 500 (295)	2 080 (82)	15/20	7,6	60/264
SS 12580	2 500 (98)	8 000 (315)	2 500 (98)	18,5/25	11,0	95/418

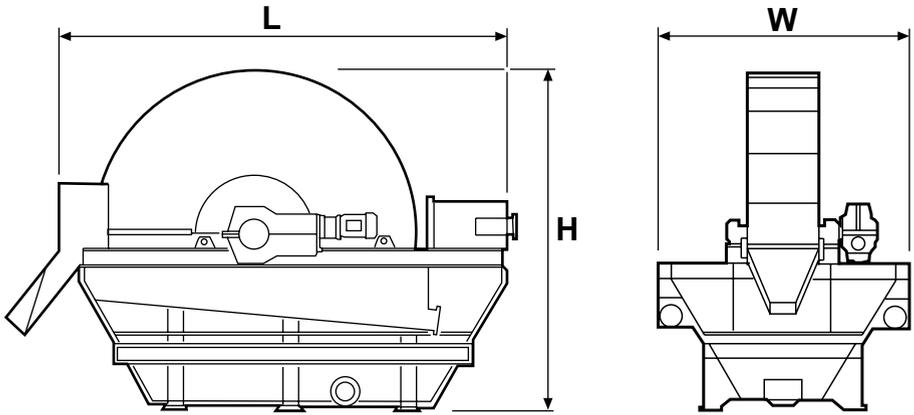
*Питание: песок/вода в соотношении, приблизительно, 1:3

Обезвоживающий грохот



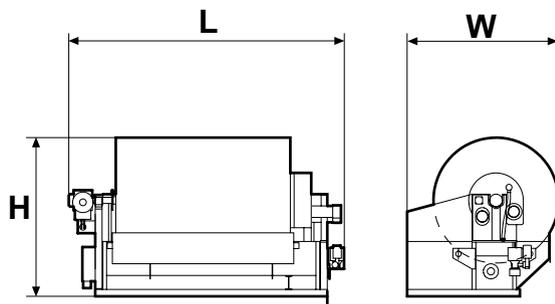
Модель WxL (дека)*	Н мм (дюйм)	Л мм (дюйм)	W мм (дюйм)	Мощность кВт/л.с.	Вес т	Производит. по углю (песку) т/ч
900 x 3 000	1 680	4 057	920	2x 2,7/36	2,4	5-15 (70)
1 200 x 3 000	1 730	4 057	1 226	2x3,4/46	2,9	15-30 (110)
1 500 x 3 000	1 730	4 057	1 530	2x4,8/64	3,0	30-45 (150)
1 800 x 3 000	1 730	4 057	1 835	2x4,8/64	3,2	45-55 (190)

Обезвоживающий ковшовый элеватор



Модель	Н мм (дюйм)	Л мм (дюйм)	W мм (дюйм)	Мощность кВт/л.с.	Вес т	Производит. по тверд. м ³ /ч (US гал)
SR6507x8543	7 000 (276)	10 000 (394)	4 300 (169)	11/15	31,5	150/660
SR6509x8545	7 000 (276)	10 000 (394)	4 500 (177)	15/20	33,5	200/880
SR6511x8547	7 000 (276)	10 000 (394)	4 700 (185)	18.5/25	36,5	250/1 100
SR6514x8550	7 000 (276)	10 000 (394)	5 000 (197)	22/30	39,5	350/1 540
SR6518x8554	7 000 (276)	10 000 (394)	5 400 (213)	30/40	45,0	400/1 760
SR6522x8558	7 000 (276)	10 000 (394)	5 800 (228)	2x22/30	54,5	550/2 422

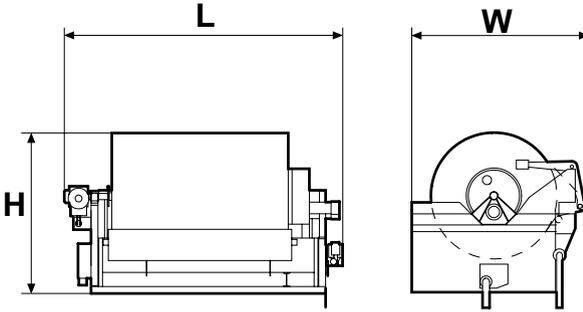
Барабанный вакуум-фильтр – TF



Модель	Н мм (фут)	Л мм (фут)	W мм (фут)	Мощность (привод) кВт/л.с.	Мощность (перемеш.) кВт/л.с.	Вес (пустой) т
TF1206*	1 600 (5)	1 600 (5)	1 600 (5)	0,25/0 35	1 5/2	1,2
TF1212	1 600 (5)	2 200 (7)	1 600 (5)	0,25/0 35	1 5/2	2,0
TF1218	1 600 (5)	2 800 (9)	1 600 (5)	0,25/0 35	1 5/2	2,8
TF1812	2 300 (8)	2 500 (8)	2 200 (5)	0,75/1	3/4	3,9
TF1818	2 300 (8)	3 100 (10)	2 200 (7)	0,75/1	3/4	4,2
TF1824	2 300 (8)	3 700 (12)	2 200 (7)	0,75/1	4/5	4,5
TF1830	2 300 (8)	4 300 (14)	2 200 (7)	0,75/1	4/5	4,8
TF2418	2 865 (9)	3 260 (11)	2 850 (9)	0,75/1	4/5	8,8
TF2424	2 865 (9)	3 860 (13)	2 850 (9)	3/4	4/5	9,1
TF2430	2 865 (9)	4 460 (15)	2 850 (9)	3/4	4/5	9,5
TF2436	2 865 (9)	5 060 (17)	2 850 (9)	3/4	4/5	9,7
TF2442	2 865 (9)	5 660 (19)	2 850 (9)	3/4	4/5	10,0
TF3030	3 480 (11)	4 480 (15)	3 630 (12)	3/4	5 5/7,4	9,8
TF3036	3 480 (11)	5 080 (17)	3 630 (12)	4/5	5 5/7,4	10,9
TF3042	3 480 (11)	5 680 (19)	3 630 (12)	4/5	5 5/7,4	12,0
TF3048	3 480 (11)	6 280 (21)	3 630 (12)	4/5	7,5/10	13,1
TF3054	3 480 (11)	6 880 (23)	3 630 (12)	4/5	7,5/10	14,2
TF3060	3 480 (11)	7 480 (25)	3 630 (12)	4/5	7,5/10	15,3
TF3636	4 075 (13)	5 160 (17)	3 910 (13)	4/5	7,5/10	11,5
TF3642	4 075 (13)	5 760 (19)	3 910 (13)	4/5	7,5/10	12,5
TF3648	4 075 (13)	6 360 (21)	3 910 (13)	5,5/7,4	7,5/10	13,5
TF3654	4 075 (13)	6 960 (23)	3 910 (13)	5,5/7,4	7,5/10	14,5
TF3660	4 075 (13)	7 560 (25)	3 910 (13)	5,5/7,4	7,5/10	15,5
TF3666	4 075 (13)	8 160 (27)	3 910 (13)	5,5/7,4	7,5/10	16,5

*1206 , 12 = диам. барабана 1 200мм (4 фут), 06 = длина барабана 600 мм(2 фут)
 Диам. бараб.18=1 800мм(6фут), 24=2 400мм(8фут), 30=3 000мм(10фут), 36=3 600мм(12фут)
 Длина барабана в футах: L(фут)- 3 фута для диаметра 1 200
 Длина барабана в футах: L(фут)- 4 фута для диаметра 1 800
 Длина барабана в футах: L(фут)- 5 футов для диаметра 2 400, 3 000 и 3 600мм

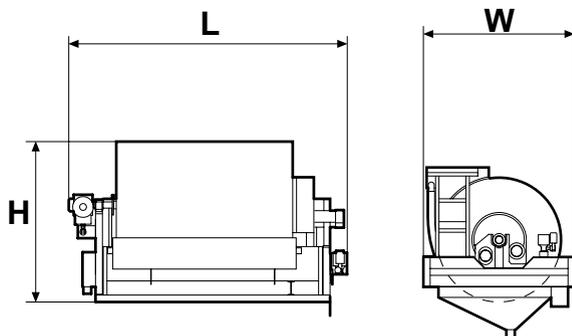
Баранный вакуум-фильтр с отводом фильтрующей ленты -ВТФ



Модель	Н мм (фут)	L мм (фут)	W мм (фут)	Мощность (привод) кВт/л.с.	Мощность (перемеш.) кВт/л.с.	Вес (пустой) т
BTF1206*	1 600 (5)	1 600 (5)	2 200 (7)	0,25/0,35	1,5/2	1,3
BTF1212	1 600 (5)	2 200 (7)	2 200 (7)	0,25/0,35	1,5/2	2,1
BTF1218	1 600 (5)	2 800 (9)	2 200 (7)	0,25/0,35	1,5/2	2,9
BTF1812	2 300 (8)	2 500 (8)	2 700 (9)	0,75/1	3/4	4,5
BTF1818	2 300 (8)	3 100 (10)	2 700 (9)	0,75/1	3/4	4,8
BTF1824	2 300 (8)	3 700 (12)	2 700 (9)	0,75/1	4/5	5,2
BTF1830	2 300 (8)	4 300 (14)	2 700 (9)	0,75/1	4/5	5,6
BTF2418	2 865 (9)	3 260 (11)	3 500 (11)	0,75/1	4/5	9,7
BTF2424	2 865 (9)	3 860 (13)	3 500 (11)	3/4	4/5	10,0
BTF2430	2 865 (9)	4 460 (15)	3 500 (11)	3/4	4/5	10,4
BTF2436	2 865 (9)	5 060 (17)	3 500 (11)	3/4	4/5	10,6
BTF2442	2 865 (9)	5 660 (19)	3 500 (11)	3/4	4/5	10,9
BTF3030	3 480 (11)	4 480 (15)	4 310 (14)	3/4	5,5/7,4	10,3
BTF3036	3 480 (11)	5 080 (17)	4 310 (14)	4/5	5,5/7,4	11,5
BTF3042	3 480 (11)	5 680 (19)	4 310 (14)	4/5	5,5/7,4	12,7
BTF3048	3 480 (11)	6 280 (21)	4 310 (14)	4/5	7,5/10	13,9
BTF3054	3 480 (11)	6 880 (23)	4 310 (14)	4/5	7,5/10	15,1
BTF3060	3 480 (11)	7 480 (25)	4 310 (14)	4/5	7,5/10	16,3
BTF3636	4 075 (13)	5 160 (17)	4 600 (15)	4/5	7,5/10	13,0
BTF3642	4 075 (13)	5 760 (19)	4 600 (15)	4/5	7,5/10	14,0
BTF3648	4 075 (13)	6 360 (21)	4 600 (15)	5,5/7,4	7,5/10	15,0
BTF3654	4 075 (13)	6 960 (23)	4 600 (15)	5,5/7,4	7,5/10	16,0
BTF3660	4 075 (13)	7 560 (25)	4 600 (15)	5,5/7,4	7,5/10	17,0
BTF3666	4 075 (13)	8 160 (27)	4 600 (15)	5,5/7,4	7,5/10	18,0

*1206 , 12 = диам. барабана 1 200мм (4 фут), 06 = длина барабана 600 мм(2 фут)
 Диам. бараб.18=1 800мм(6фут), 24=2 400мм(8фут), 30=3 000мм(10фут), 36=3 600мм(12фут)
 Длина барабана в футах: L(фут)- 3 фута для диаметра 1 200
 Длина барабана в футах: L(фут)- 4 фута для диаметра 1 800
 Длина барабана в футах: L(фут)- 5 футов для диаметра 2 400, 3 000 и 3 600мм

Барабанный вакуум-фильтр с питанием сверху -TFF

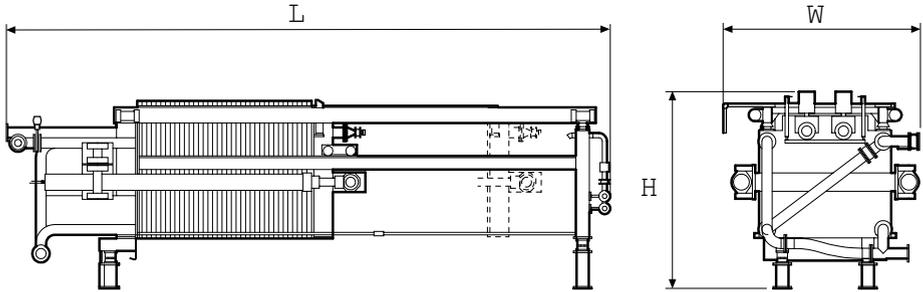


Модель	Н мм (фут)	L мм (фут)	W мм (фут)	Мощность (привода) кВт/л.с.	Вес (пустой) т
TFF1206*	1 600 (5)	1 600 (5)	2 200 (7)	0,25/0,35	1,3
TFF1212	1 600 (5)	2 200 (7)	2 200 (7)	0,25/0,35	2,1
TFF1218	1 600 (5)	2 800 (9)	2 200 (7)	0,25/0,35	2,9
TFF1812	2 300 (8)	2 500 (8)	2 700 (9)	0,75/1	4,5
TFF1818	2 300 (8)	3 100 (10)	2 700 (9)	0,75/1	4,8
TFF1824	2 300 (8)	3 700 (12)	2 700 (9)	0,75/1	5,2
TFF1830	2 300 (8)	4 300 (14)	2 700 (9)	0,75/1	5,6
TFF2418	2 865 (9)	3 260 (11)	3 500 (11)	0,75/1	9,7
TFF2424	2 865 (9)	3 860 (13)	3 500 (11)	3/4	10,0
TFF2430	2 865 (9)	4 460 (15)	3 500 (11)	3/4	10,4
TFF2436	2 865 (9)	5 060 (17)	3 500 (11)	3/4	10,6
TFF2442	2 865 (9)	5 660 (19)	3 500 (11)	3/4	10,9
TFF3030	3 480 (11)	4 480 (15)	4 310 (14)	3/4	10,3
TFF3036	3 480 (11)	5 080 (17)	4 310 (14)	4/5	11,5
TFF3042	3 480 (11)	5 680 (19)	4 310 (14)	4/5	12,7
TFF3048	3 480 (11)	6 280 (21)	4 310 (14)	4/5	13,9
TFF3054	3 480 (11)	6 880 (23)	4 310 (14)	4/5	15,1
TFF3060	3 480 (11)	7 480 (25)	4 310 (14)	4/5	16,3
TFF3636	4 075 (13)	5 160 (17)	4 600 (15)	4/5	13,0
TFF3642	4 075 (13)	5 760 (19)	4 600 (15)	4/5	14,0
TFF3648	4 075 (13)	6 360 (21)	4 600 (15)	5,5/7,4	15,0
TFF3654	4 075 (13)	6 960 (23)	4 600 (15)	5,5/7,4	16,0
TFF3660	4 075 (13)	7 560 (25)	4 600 (15)	5,5/7,4	17,0
TFF3666	4 075 (13)	8 160 (27)	4 600 (15)	5,5/7,4	18,0

*1206 , 12 = диам. барабана 1 200мм (4 фут), 06 = длина барабана 600 мм(2 фут)
 Диам. бараб.18=1 800мм(6фут), 24=2 400мм(8фут), 30=3 000мм(10фут), 36=3 600мм(12фут)
 Длина барабана в футах: L(фут)- 3 фута для диаметра 1 200
 Длина барабана в футах: L(фут)- 4 фута для диаметра 1 800
 Длина барабана в футах: L(фут)- 5 футов для диаметра 2 400, 3 000 и 3 600мм

Доводка

Пресс-фильтр –VPA 10

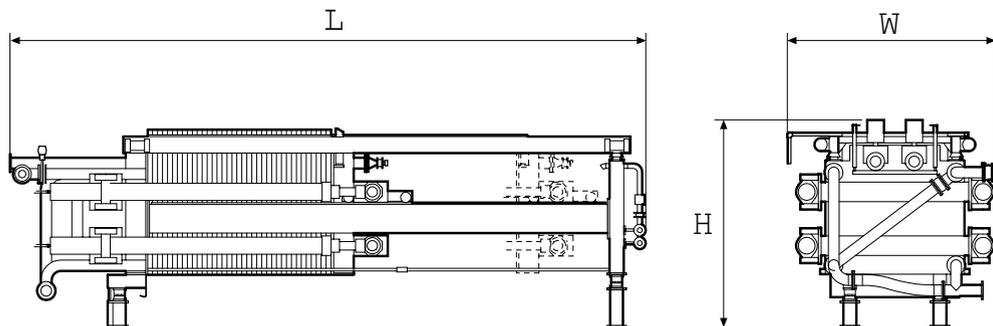


Модель	H мм (дюйм)	L мм (дюйм)	W мм (дюйм)	Вес (пустой) т	Мощность** (гидромотора)	
					Высок. кВт/л.с	Низк. кВт/л.с.
VPA 10..-12*	2 310 (91)	5 500 (217)	2 750 (108)	7,2	22/30	11/15
VPA 10..-16	2 310 (91)	6 100 (240)	2 750 (108)	8,1	22/30	11/15
VPA 10..-20	2 310 (91)	6 700 (264)	2 750 (108)	9,0	22/30	11/15
VPA 10..-24	2 310 (91)	7 300 (287)	2 750 (108)	10,0	22/30	11/15
VPA 10..-28	2 310 (91)	7 900 (311)	2 750 (108)	11,8	22/30	11/15
VPA 10..-32	2 310 (91)	8 500 (335)	2 750 (108)	12,9	22/30	11/15
VPA 10..-36	2 310 (91)	9 100 (358)	2 750 (108)	14,0	22/30	11/15
VPA 10..-40	2 310 (91)	9 700 (382)	2 750 (108)	15,1	22/30	11/15

* 1012, 10 = размер камеры фильтра 10x 10 дм (40x40 дюйм), 12 = число камер

** Высок. = стадия высокого давления, Низк. = стадия низкого давления

Пресс-фильтр – VPA 15

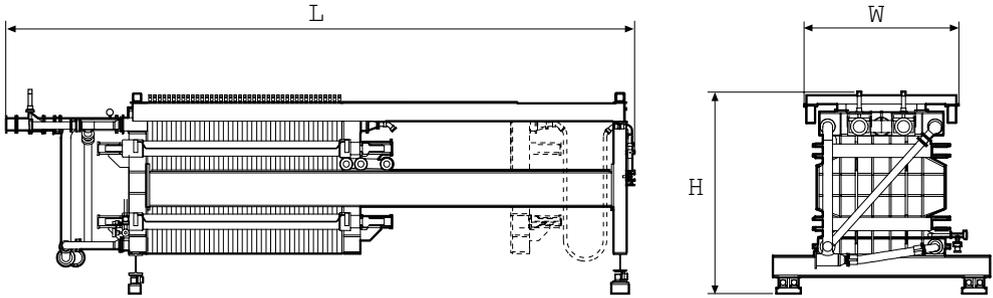


Модель	H мм (дюйм)	L мм (дюйм)	W мм (дюйм)	Вес (пустой) т	Мощность** (гидромотора)	
					Высок. кВт/л.с.	Низк. кВт/л.с.
VPA 15..-16*	3 160 (125)	7 600 (299)	3 800 (150)	24,7	45/60	22/30
VPA 15..-20	3 160 (125)	7 900 (311)	3 800 (150)	26,1	45/60	22/30
VPA 15..-24	3 160 (125)	8 500 (335)	3 800 (150)	27,5	45/60	22/30
VPA 15..-28	3 160 (125)	9 100 (358)	3 800 (150)	28,9	45/60	22/30
VPA 15..-32	3 160 (125)	9 700 (382)	3 800 (150)	31,2	45/60	22/30
VPA 15..-36	3 160 (125)	10 300 (406)	3 800 (150)	32,0	45/60	22/30
VPA 15..-40	3 160 (125)	10 900 (429)	3 800 (150)	33,2	45/60	22/30
VPA 15..-46	3 160 (125)	11 800 (465)	3 800 (150)	34,3	45/60	22/30
VPA 15..-50	3 160 (125)	12 400 (488)	3 800 (150)	37,5	45/60	22/30
VPA 15..-54	3 160 (125)	13 100 (516)	3 800 (150)	39,2	45/60	22/30

* 1516, 15 = размер камеры фильтра 15x 15 дм (60x60 дюйм), 16 = число камер

** Высок. = стадия высокого давления, Низк. = стадия низкого давления

Пресс-фильтр –VPA 20



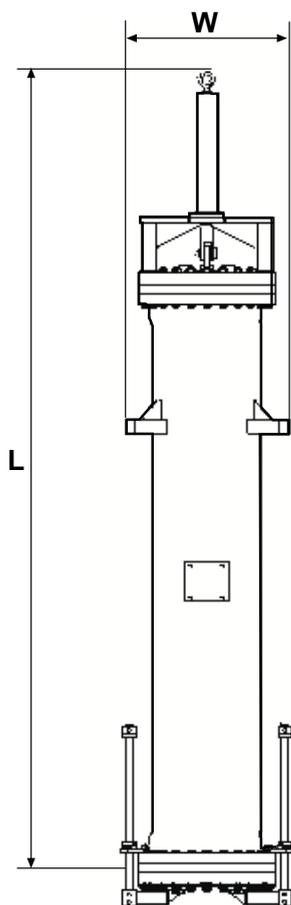
Модель	H мм (дюйм)	L мм (дюйм)	W мм (дюйм)	Вес (пустой) т	Мощность** (гидромотора)	
					Высок. кВт/л.с.	Низк. кВт/л.с.
VPA 20..-20*	4 580 (180)	10 203 (402)	4 250 (167)	56,0	75/100	30/40
VPA 20..-24	4 580 (180)	11 000 (433)	4 250 (167)	59,2	75/100	30/40
VPA 20..-28	4 580 (180)	11 800 (465)	4 250 (167)	62,4	75/100	30/40
VPA 20..-32	4 580 (180)	12 600 (496)	4 250 (167)	65,6	75/100	30/40
VPA 20..-36	4 580 (180)	13 400 (528)	4 250 (167)	68,8	75/100	30/40
VPA 20..-40	4 580 (180)	14 200 (559)	4 250 (167)	72,0	75/100	30/40
VPA 20..-46	4 580 (180)	14 800 (583)	4 250 (167)	76,8	75/100	30/40
VPA 20..-50	4 580 (180)	15 600 (615)	4 250 (167)	80,0	75/100	30/40

* 2020, 20 = размер камеры фильтра 20x20 дм (80x80 дюйм), 20 = число камер

** Высок. = стадия высокого давления, Низк. = стадия низкого давления

Доводка

Трубчатый пресс

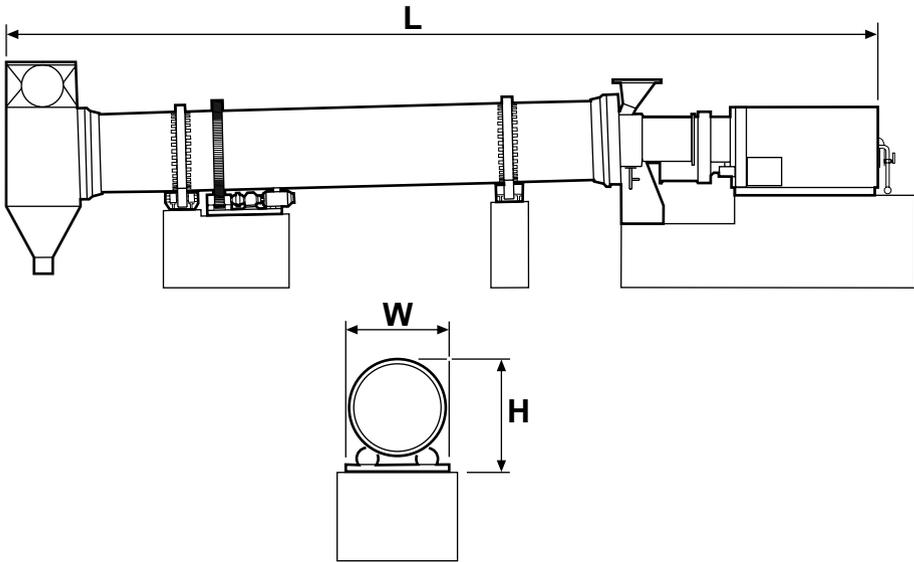


Модель	L мм (дюйм) длина трубы	W мм (дюйм)	Вес (пустой) т	Площадь фильтра м ² (фут ²)	Макс. рабоч. давл. бар(psi)
SC 500-1,2	3 500 (138)	860 (34)	1.8	1,35 (14.5)	100 (1 450)
SC 500-1,5	3 800 (150)	860 (34)	2	1,73 (18.6)	100 (1 450)
SC-500-3,0	5 200 (205)	860 (34)	3	3,45 (37.1)	100 (1 450)

Tube Press Booster

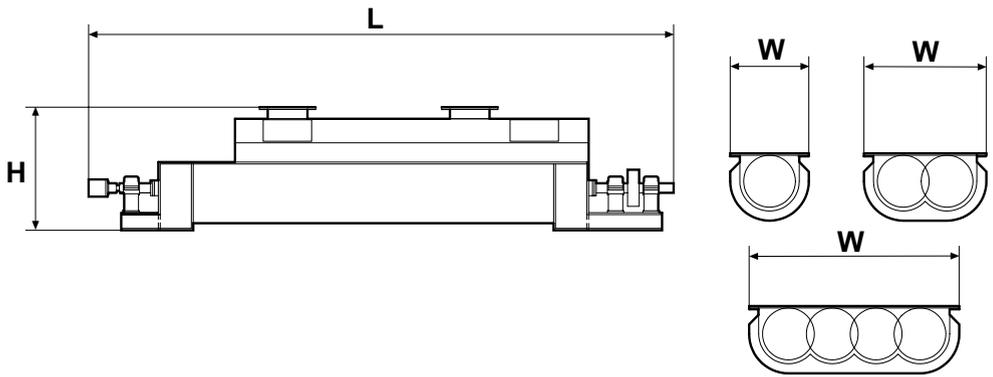
Модель	Объем трубчатой камеры см ³ (куб. дюймов)	Площадь фильтра м ² (кв. футов)	Максимальное давление бар (psi)	Установленная мощность кВт (л.с.)
SC 500-1,2	75 (4.6)	1,35 (14.5)	100 (1 450)	7,5 (10)
SC 500-1,5	100 (6.1)	1,73 (18.6)	100 (1 450)	7,5 (10)
SC-500-3,0	200 (12.2)	3,45 (37.1)	100 (1 450)	11 (15)

Барabanная сушилка прямого нагрева



Диаметр м (фут)	Длина сушилки м (фут)	H м (фут)	L м (фут)	W м (фут)	Вес, олько сушилки т
1,5 (5,0)	8,0 (26,0)	3,2 (10,5)	15,0 (49,2)	2,0 (7,0)	4,0
1,5 (5,0)	10,5 (34,5)	3,2 (10,5)	17,5 (57,4)	2,0 (7,0)	4,6
1,5 (5,0)	12,5 (41,0)	3,2 (10,5)	19,5 (64,0)	2,0 (7,0)	5,2
2,0 (7,0)	11,0 (36,1)	4,3 (14,1)	20,3 (66,6)	2,6 (8,5)	9,6
2,0 (7,0)	14,0 (45,9)	4,3 (14,1)	23,3 (76,4)	2,6 (8,5)	12,0
2,0 (7,0)	17,0 (55,8)	4,3 (14,1)	26,3 (86,3)	2,6 (8,5)	12,4
2,5 (8,2)	13,5 (44,3)	5,4 (17,7)	25,2 (82,7)	3,3 (10,8)	18,6
2,5 (8,2)	17,5 (57,4)	5,4 (17,7)	29,2 (95,8)	3,3 (10,8)	21,6
2,5 (8,2)	21,0 (68,9)	5,4 (17,7)	32,7 (107,3)	3,3 (10,8)	24,2
3,0 (10,0)	16,6 (54,5)	6,5 (21,3)	30,5 (100,0)	3,9 (12,8)	32,6
3,0 (10,0)	21,0 (68,9)	6,5 (21,3)	35,0 (114,2)	3,9 (12,8)	37,3
3,0 (10,0)	25,6 (84,0)	6,5 (21,3)	39,5 (129,6)	3,9 (12,8)	42,1
3,5 (12,0)	19,0 (62,3)	7,5 (24,6)	35,3 (115,8)	4,6 (15,1)	51,3
3,5 (12,0)	24,5 (80,4)	7,5 (24,6)	40,8 (133,9)	4,6 (15,1)	59,3
3,5 (12,0)	29,5 (96,8)	7,5 (24,6)	45,8 (150,3)	4,6 (15,1)	66,6
4,0 (14,0)	22,0 (72,2)	8,6 (28,2)	40,7 (133,5)	5,2 (17,1)	77,2
4,0 (14,0)	28,0 (91,9)	8,6 (28,2)	46,7 (153,2)	5,2 (17,1)	88,6
4,0 (14,0)	34,0 (111,5)	8,6 (28,2)	52,7 (172,9)	5,2 (17,1)	99,9

Шнековая сушилка непрямого нагрева – Holo-Flite®



Модель	H мм (дюйм)	L мм (дюйм)	W мм (дюйм)	Вес т	Мощность кВт/л.с.
S 710-4*	335 (13)	4 140 (163)	310 (12)	0,8	0,55-1,1/0,75-1,5
S 714-4	335 (13)	5 360 (211)	310 (12)	1,0	0,55-1,1/0,75-1,5
D 710-4	335 (13)	4 170 (164)	460 (18)	1,2	0,55-2,2/0,75-3
D 714-4	335 (13)	5 390 (212)	460 (18)	1,5	0,55-2,2/0,75-3
S 1210-5	565 (22)	4 270 (168)	460 (18)	1,3	1,1-4/1,5-5
S 1218-5	565 (22)	6 710 (264)	460 (18)	1,9	1,1-4/1,5-5
D 1210-5	565 (22)	4 550 (179)	720 (28)	2,3	1,5-5,5/2-7,5
D 1218-5	565 (22)	6 990 (275)	720 (28)	2,5	1,5-5,5/2-7,5
S 1616-6	641 (25)	6 200 (244)	560 (22)	2,3	2,2-5,5/3-7,5
S 1618-6	641 (25)	6 810 (268)	560 (22)	2,4	2,2-5,5/3-7,5
D 1616-6	641 (25)	6 510 (256)	890 (35)	3,8	2,2-7,5/3-10
D 1618-6	641 (25)	7 120 (280)	890 (35)	4,2	2,2-7,5/3-10
S 2414-6	881 (35)	5 720 (225)	770 (30)	3,3	2,2-7,5/3-10
S 2424-6	881 (35)	8 770 (345)	770 (30)	5,1	4-11/5-15
D 2414-6	881 (35)	6 150 (242)	1 220 (48)	6,4	4-11/5-15
D 2424-6	881 (35)	9 200 (362)	1 220 (48)	6,9	5,5-15/7,5-20
Q 2414-6	881 (35)	6 760 (266)	2 160 (85)	12,0	7,5-30/10-40
Q 2424-6	881 (35)	9 200 (262)	2 160 (85)	17,0	7,5-37/10-50
S 3020-7	1 092 (43)	8 260 (325)	970 (38)	10,2	5,5-15/7,5-20
S 3028-7	1 092 (43)	10 700 (421)	970 (38)	13,0	7,5-22/10-30
D 3020-7	1 092 (43)	8 740 (344)	1 600 (63)	16,8	7,5-18/10-25
D 3028-7	1 092 (43)	11 180 (440)	1 600 (63)	21,6	11-22/15-30
Q 3020-7	1 092 (43)	8 740 (344)	2 720 (107)	33,2	15-37/20-50
Q 3028-7	1 092 (43)	11 180 (440)	2 720 (107)	42,9	8,5-55/25-75

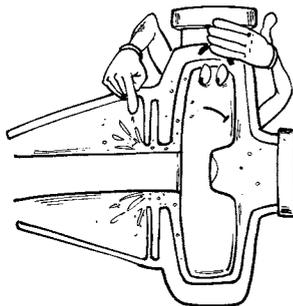
*S 710-4, S = один шнек, 7 = диаметр шнека, дюйм,
 10 = длина шнека 10фут, - 4 = шаг спирали шнека 4 дюйма
 D = два шнека, Q = четыре шнека

7. УПЛОТНЕНИЯ

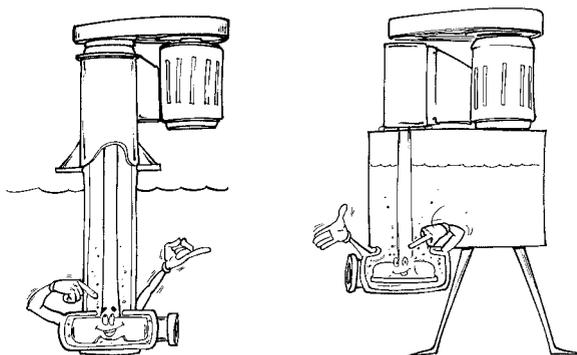
Если конструкции рабочего колеса – корпуса принципиально одинаковы во всех наших Шламовых Насосах, это совершенно не так, если рассматривать уплотнения этих гидравлических систем!

Основные параметры для выбора уплотнений

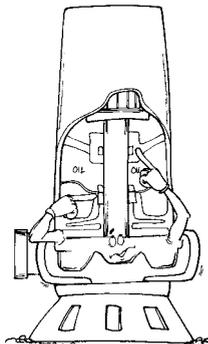
Горизонтальный: Утечка пульпы (заполненный всас), подсос воздуха (недостаточное давление всасывания), изгиб вала и напор на всасывающей линии



Вертикальный: Конструкция без уплотнений вала



Погружной: Утечка пульпы, электрические соединения



Уплотнения вала

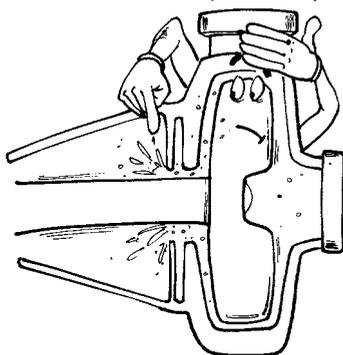
“Там, где вал проходит в корпус, утечка (воздуха или пульпы) исключается за счет применения различных уплотнений вала”!

“Уплотнение вала – наиболее важная функция в любом шламовом Насосе”.

“Выбор правильного уплотнения очень важен для любой сферы применения”.

Основная функция уплотнения вала

Основная функция уплотнения вала заключается просто в герметизации отверстия в корпусе, через которое проходит вал, что ограничивает (если не препятствует) любую утечку.



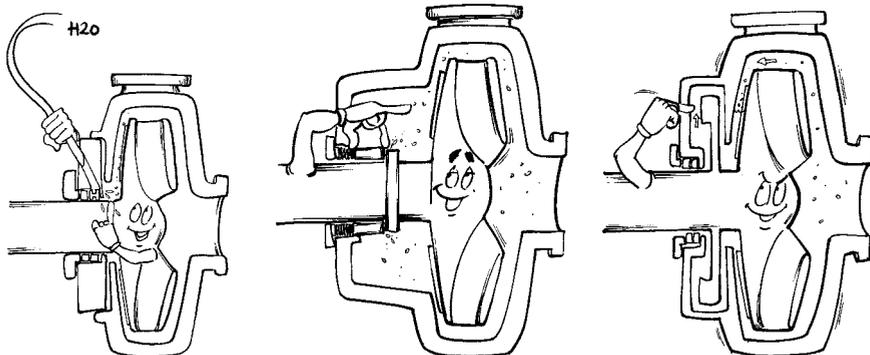
Тип утечки

При работе с залитым всасом утечка обычно касается жидкости, выходящей из насоса, тогда как при недостаточном давлении всасывания “утечка” может быть воздухом, попадающим в насос.

Расположение и тип уплотнений

Уплотнения располагаются в корпусе или в сальниковой коробке. Имеются три основные конструкции:

- Уплотнение с Мягкой набивкой (Мягкий набивной сальник)
- Механическое уплотнение (подпружиненные плоские торцы)
- Динамическое уплотнение



Гидравлические (промывные) уплотнения

Для большинства Шламовых Насосов гидравлической (промывочной) жидкостью является чистая вода. Для обеспечения максимального срока службы уплотнения вода должна быть хорошего качества и без каких-либо твердых частиц.

Если допускается некоторое разбавление пульпы, лучшим выбором обычно бывают **мягкие набивные уплотнения** в двух вариантах:

Промывной тип полного потока для случая, когда разбавление пульпы не является проблемой.

Типовой расход промывочной воды при полном потоке: 10-90 литров/мин. (в зависимости от типоразмера насоса).

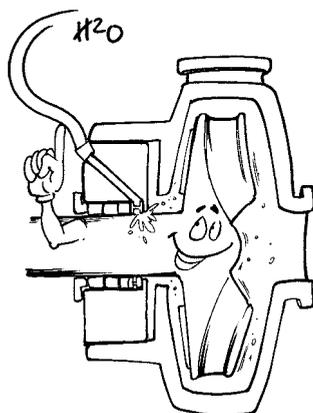
Промывной тип пониженного потока, когда разбавление пульпы является незначительной проблемой.

Типовой расход промывной воды при пониженном потоке: 0,5 - 10 литров/мин. (в зависимости от типоразмера насоса).

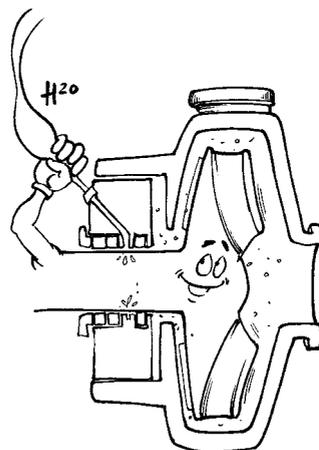
Примечание!

Вариант мягкого набивного уплотнения полного потока (если применим) обычно обеспечивает самый долгий "срок службы уплотнения" для Шламовых Насосов

Полный поток



Пониженный поток



Механические уплотнения также возможны с промывкой или без неё. Если промывка должна применяться (конфигурации промывных сальников экономичны и проще в обслуживании), следует всегда учитывать камеру для уплотнения из мягкого материала, при условии, что внешняя утечка допустима. (Конфигурации промывных сальников экономичны и проще в обслуживании).

Механические уплотнения без промывки смотрите на следующей странице.

Уплотнения без промывки

С целью обеспечения надежного уплотнения без промывочной воды применяются центробежные уплотнения (экспеллеры).

Центробежные уплотнения

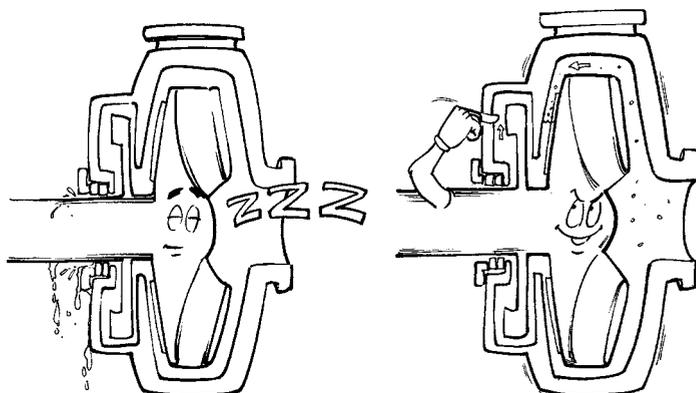
Экспеллер, используемый в сочетании с набитой сальниковой коробкой, описывается как центробежное уплотнение.

Хотя центробежные уплотнения существуют многие годы, лишь в последнее время их конструкция и технология материалов достигли уровня, когда большая часть поставляемых Шламовых Насосов включает экспеллер.

Центробежное уплотнение эффективно лишь при работающем насосе.

Когда насос неподвижен, в качестве уплотнения вала используется традиционное статическое уплотнение, но в нем меньше уплотнительных колец, чем в традиционной сальниковой коробке.

Экспеллер - описание



При использовании экспеллера вторичная крыльчатка устанавливается за основным рабочим колесом; она находится в собственной камере уплотнения, рядом с главным корпусом насоса.

Работая последовательно с тыльными откачивающими лопастями корпуса рабочего колеса, экспеллер исключает утечку жидкости из сальниковой коробки, что обеспечивает сухое уплотнение.

“Это сухое уплотнение обеспечивается за счет того, что полное давление, создаваемое откачивающими лопастями и экспеллером, выше, чем давление, создаваемое основными нагнетающими лопастями рабочее колесо, плюс напор входного отверстия.

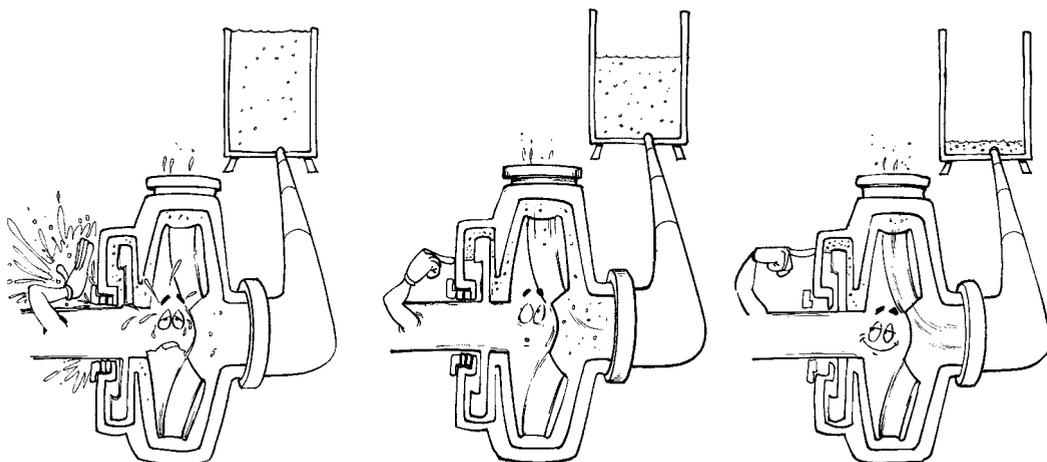
Давление сальниковой коробки, с центробежным уплотнением, поэтому сокращается до атмосферного давления.

Недостатки центробежных уплотнений

Все центробежные уплотнения ограничены по величине входного напора, который они способны выдерживать, по отношению к рабочему напору насоса.

Предел для допустимого входного напора определяется, в первую очередь, соотношением диаметра экспеллера к диаметру рабочего колеса с основными лопастями.

Меняясь от конструкции к конструкции, большинство экспеллеров обеспечивает уплотнение при условии, что входной напор не превышает 10% рабочего напора на выходе насоса для стандартных рабочих колес. Точные расчеты даются в нашем программном обеспечении по выбору параметров PumpDim.



Динамическое уплотнение – перечень преимуществ

“Не требуется промывочная вода”

“Нет разбавления пульпы промывочной водой”

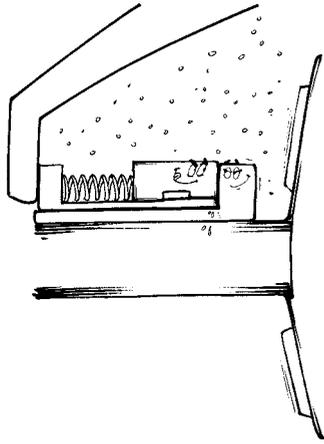
“Упрощенное техобслуживание сальников”

“Нулевая утечка в сальнике во время работы”

Механические уплотнения

Механические уплотнения без промывки следует рассматривать в случаях, когда невозможно применение динамических экспеллерных уплотнений (смотри недостатки выше).

Имеются высокоточные, смачиваемые водой, уплотнения с водяным охлаждением, работающие с такими допусками, что частицы пульпы не способны проникать за уплотняющие поверхности и разрушать их.



Механические уплотнения очень чувствительны к изгибанию вала и вибрациям. Жесткая конструкция вала и подшипников очень важна для успешной работы.

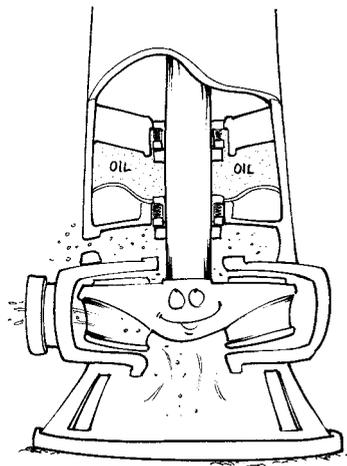
Если механическое уплотнение не погружается в жидкость, трение между уплотняемыми поверхностями вызывает образование тепла, что приводит к повреждению поверхностей за считанные секунды. Это может также случиться, если откачивающие лопасти рабочего колеса слишком эффективны.

Однако основным недостатком является стоимость, которая очень высока.

Опытно-конструкторская работа по созданию более экономичных и надежных механических уплотнений продолжается, и этот тип уплотнения на сегодняшний день относится к практическому варианту также для Шламовых Насосов.

Механическое уплотнение – единственный вариант для погружных насосов!

При уплотнении подшипников на электродвигателе в погружном насосе механическим уплотнениям нет достойной альтернативы.



Уплотняющий узел состоит из двух независимых механических уплотнений, работающих в масле.

На стороне рабочего колеса уплотняющие поверхности выполнены по типу карбид вольфрама против карбида вольфрама, а на стороне электродвигателя – графит против керамики.

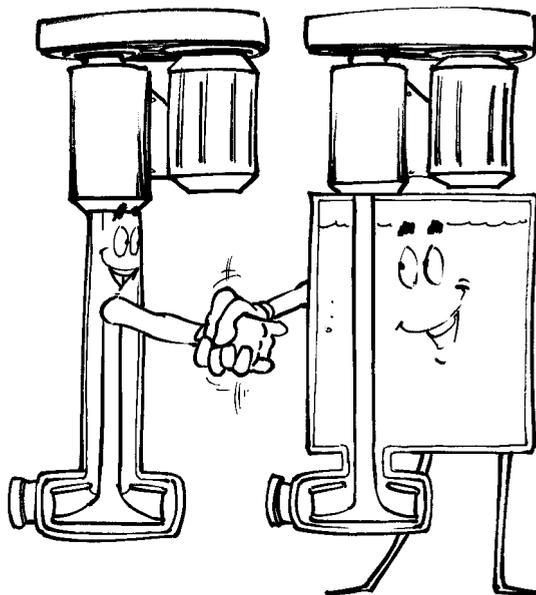
Примечание! В этих насосах также имеется небольшой отражательный диск, закрепленный на валу за рабочим колесом, для защиты уплотнений. Это не Экспеллер, поясняемый выше для горизонтальных насосов!

Это скорее отражатель или механический защитный диск, не позволяющий частицам из пульпы повреждать нижнее механическое уплотнение.

Шламовые Насосы без уплотнений – вертикальные конструкции

Двумя основными причинами разработки вертикальных Шламовых Насосов были:

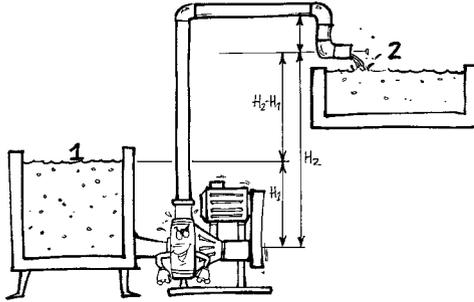
- Применение сухих электродвигателей, защищенных от затопления
- Устранение проблем с уплотнениями.



Транспортировка пульпы – Введение

Гидравлическая транспортировка твердого

В мокрых технологических процессах, «гидравлическая транспортировка твердого» представляет собой технологию, которая продвигает весь процесс вперед от стадии к стадии: смешивания жидкого/твердого, разделения твердого/твердого, разделения жидкого/жидкого и т.п.

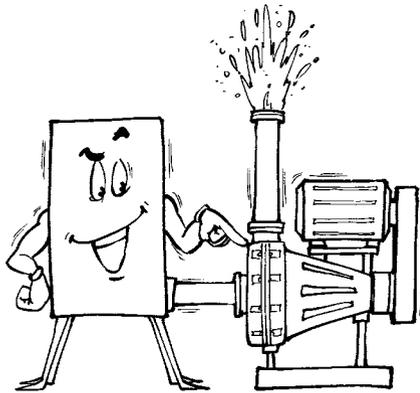


О каких типах твердого идет речь?

Твердым может быть все, что физически является

- Крупнозернистым
- Тяжелым
- Абразивным
- Кристаллическим
- Острым
- Липким
- Хлопьевидным
- Волокнистым
- Пенистым (по текстуре)

Назовите любой материал с указанными свойствами - его можно будет транспортировать гидравлически!



О каких жидкостях идет речь?

В большинстве случаев применения, жидкость является лишь «носителем». В 98% случаев промышленного применения, жидкостью является вода.

Из других жидкостей, могут использоваться химические растворы, например, кислоты, щелочи, спирты, легкие продукты перегонки нефти (керосин), и т.п.

Что такое пульпа?

Смесь твердой компоненты с жидкостью обычно называют «пульпой» или «шламом»!

Пульпу можно описать, как двухфазную среду (жидкость/твердая фракция).

Пульпу, смешанную с воздухом (обычный случай во множестве химических процессов) описывают, как трехфазную среду (жидкость/твердая фракция/газ).

Каковы ограничения производительности транспортирования?

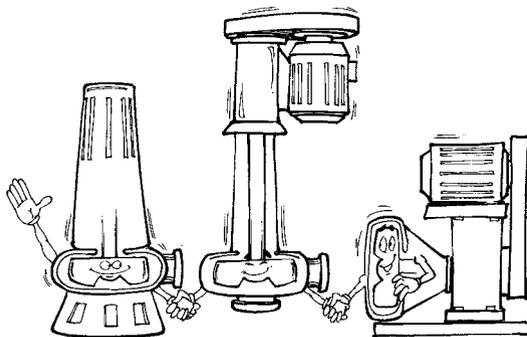
Транспортировка пульпы

Теоретически, не существует ограничений на то, что можно транспортировать гидравлически. Достаточно посмотреть, насколько эффективно осуществляется гидравлическое транспортирование твердой составляющей в ледниках или больших реках!

На практике, пределы значений **объемной подачи** для шламового насоса составляют от **1 м³/ч (4 гал/мин)** до **20 000 м³/ч (88 000 гал/мин)**.

Нижняя граница определяется уменьшением к.п.д. для малых насосов.

Верхняя граница определяется резким ростом стоимости для крупных шламовых насосов (по сравнению с установкой, состоящей из группы насосов).

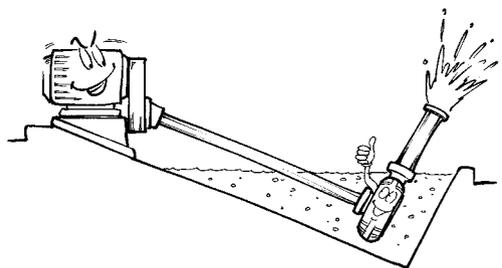


Каковы ограничения для твердой фракции?

Ограничениями для твердой фракции являются геометрическая форма зерен, их крупность и опасность блокирования канала шламового насоса.

Максимальная практическая **крупность** материала для транспортирования шламовым насосом составляет приблизительно **50 мм (2 дюйма)**.

Однако, отдельные куски материала, проходящие через крупный грунтовый насос, могут достигать до **350 мм (14 дюймов)** (в зависимости от размера отверстия всасывания).



Шламовые насосы - подход к вопросу

Среди всех центробежных насосов, установленных в горнообогатительной промышленности, соотношение между шламовыми насосами и другими насосами для жидкостей составляет **5:95**.

Если мы посмотрим на эксплуатационные затраты на эти насосы, то соотношение окажется прямо противоположным **80:20**.

Это ставит перекачку пульпы на совершенно особое место, и рыночный подход может быть сформулирован следующим образом:

«Поставьте насос на чистую жидкость и забудьте о нем!»

«Поставьте насос на перекачку пульпы, и у вас будет, что обслуживать до конца срока его эксплуатации!»

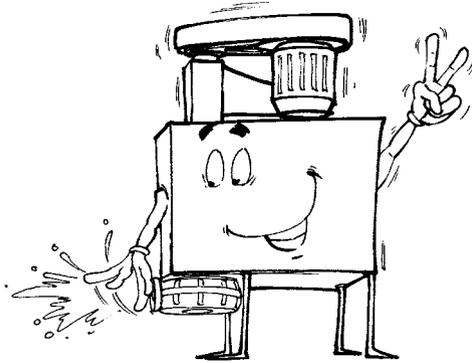
Это справедливо и для конечного пользователя и для поставщика.

Основные определения

Почему насосы «шламовые»?

По определению, шламовый насос - это тяжелый, мощный вариант центробежного насоса, способный транспортировать трудно перекачиваемые абразивные суспензии.

«Шламовый насос» следует также рассматривать, как общий термин, отличающий насосы такого вида от прочих центробежных насосов, предназначенных для чистых жидкостей.



Шламовые насосы - наименование по перекачиваемой среде

Термин «шламовый насос» охватывает различные типы центробежных насосов с тяжелым режимом работы, используемых для гидравлического транспортирования твердых фракций.

Более точная терминология классифицирует насосы по виду твердого материала, подлежащего перекачке в различных задачах их использования.

Шламовые насосы занимаются перекачкой грязи/глины, ила и песка с крупностью зерен до 2 мм (9 меш).

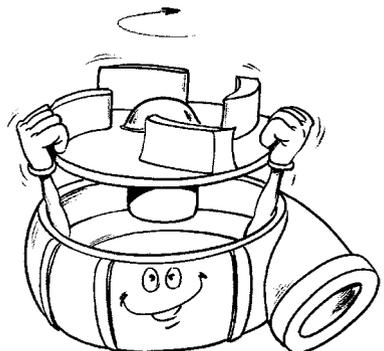
Пределы крупности этих материалов следующие:

Грязь/глина	минус 2 микрона
Ил	2 -50 микрон
Песок, мелкий	50 - 100 микрон (270 - 150 меш)
Песок, средний	100 - 500 микрон (150 - 32 меш)
Песок, крупный	500 - 2000 микрон (32-9 меш)

Песковые и гравийные насосы занимаются перекачкой галечника и гравия, крупностью 2-8 мм (9 - 2,5 меш).

Гравийные насосы занимаются перекачкой твердого, крупностью до 50 мм (2 дюйма).

Землесосы занимаются перекачкой твердого, крупностью до 50 мм (2 дюйма) и более.



Транспортировка пульпы

Шламовые насосы - наименование по задаче, которую они решают

Задача, для которой используется насос в технологическом процессе, также вносит свой вклад в терминологию, обычно:

Пенные насосы по определению применяются для работы с пенными пульпами, в основном при флотации.

Угольные насосы используются для аккуратного гидравлического транспортирования активированного угля в схемах CIP (абсорбции углем в пульпе) и CIL (абсорбции углем в цепи выщелачивания).

Зумпф-насосы, также устоявшееся наименование насосов, производящих откачку из зумпфов пола, погружных насосных станций, но имеющих сухие подшипники и приводы.

Погружные насосы - Погруженным является весь насос, включая привод.

На практике, все шламовые насосы получают наименование по их назначению:

- Шламовые насосы • Гравийные насосы • Землесосы • Зумпфовые насосы
- Пенные насосы • Угольные насосы • Погружные насосы

Существуют три принципиально различные конструкции насосов:

- Горизонтальная и вертикальная баковая (сухая установка)
- Вертикальная зумпфовая (наполовину сухая установка)
- Баковая (сухая установка)
- Погружная (мокрая установка)

Конструкции шламовых насосов выбираются, и насосы поставляются в соответствии с абразивностью среды

- Высокоабразивная • Абразивная • Умеренно абразивная



Шламовые насосы серии XM

Шламовые насосы из твердого металла для особо тяжелых условий работы

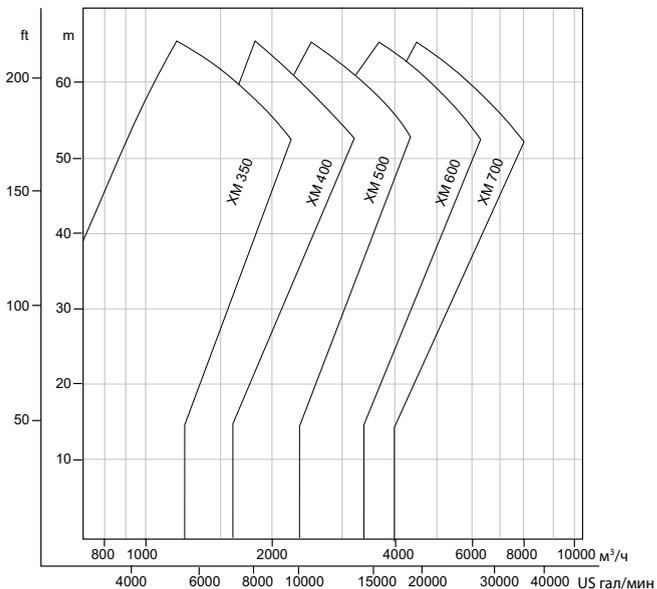


Особенности конструкции

- Модульная конструкция
- Мощная конструкция, рассчитанная на особо тяжелые условия работы с высоко абразивными средами
- Большая толщина секций корпуса улиты; рассчитанные на тяжелый режим шламовые рабочие колеса с большим отношением ширины лопасти к длине, и тщательно согласованная, высокоэффективная гидравлика для равномерного износа деталей
- В конструкции использованы широкодоступные материалы, обеспечивающие превосходную износостойкость и коррозионную стойкость.
- Автономный патрон подшипника с валом увеличенного размера и антифрикционными подшипниками, смазываемыми консистентной смазкой/маслом.
- Различные варианты уплотнения вала
- Простота технического обслуживания
- Опция задвижки для ТО в базовой комплектации

См. характеристики на стр. 8:32

Диаграмма для выбора насосов



Транспортировка пульпы

Шламовые насосы серии XR and VASA HD

Шламовые насосы для особо тяжелых условий эксплуатации серий Thomas и Sala с резиновой футеровкой

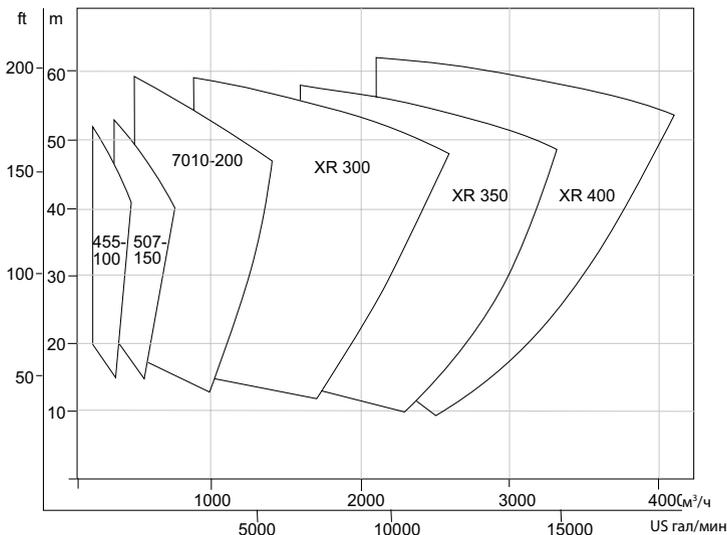


Особенности конструкции

- Модульная конструкция.
- Мощная конструкция с возможностью сдвига корпуса насоса в заднем направлении, рассчитанная на особо тяжелые условия работы с агрессивными средами.
- Сдвигаемое для технического обслуживания основание.
- Большая толщина футеровки корпуса улиты; рассчитанные на тяжелый режим шламовые рабочие колеса с большим отношением ширины лопасти к длине, и тщательно согласованная, высокоэффективная гидравлика для равномерного износа деталей
- В конструкции использованы широкодоступные материалы, обеспечивающие превосходную износостойкость и коррозионную стойкость.
- Автономный патрон подшипника с валом увеличенного размера и антифрикционными подшипниками, смазываемыми консистентной смазкой.
- Различные варианты уплотнения вала.
- Простота технического обслуживания.

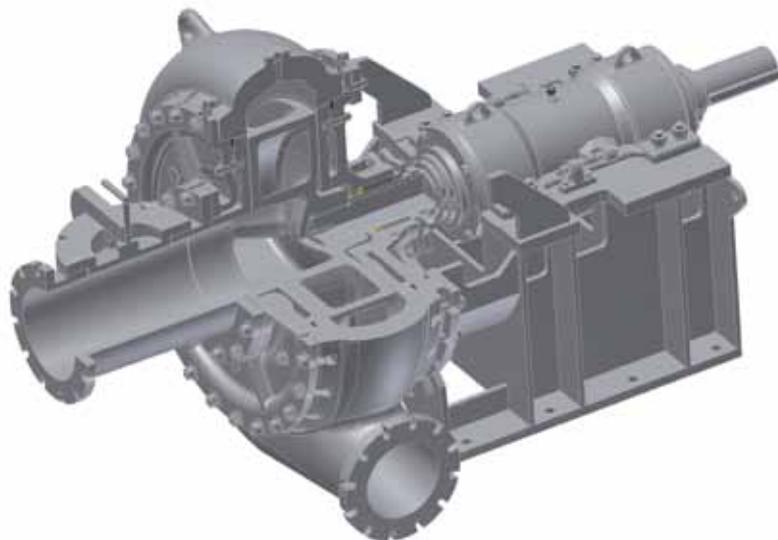
См. характеристики на стр. 8:32 - 33.

Диаграмма для выбора насосов



Рефулёрные насосы

Рефулёрный насос Thomas серии "Simplicity" разработан для специфических условий вашей работы



Особенности конструкции

- Вращение в обоих направлениях –вправо или влево
- Изменяемое положение выпускного патрубка
- Переходник всаса с системой прочистки
- Крыльчатка с тремя или четырьмя лопастями
- Уплотнение Amor-lok на боковых футеровках для сопряжения металлических деталей
- Выбивное кольцо для простого демонтажа крыльчатки
- Широкий выбор сплавов для изнашиваемых деталей насоса
- Ремонтные комплекты подшипников и вала для продления срока службы
- Консольная конструкция
 - Меньшее отклонение вала
 - Увеличенный ресурс сальникового уплотнения и подшипника
 - Серповидная опора 360°
 - Не требуется установки корпуса на лапы

Смотри лист данных 8:33

Типоразмер насоса	Количество	
	лопастей	Максимум
8x6 F24	3	4.5"
8x6 F24	4	4.0"
10x8 H30	3	6.0"
10x8 H30	4	5.5"
12x10 J36	3	6.7"
12x10 J36	4	5.8"
14x12 L40	3	6.9"
14x12 L40	4	6.0"
16X14 N40	3	6.9"
16X14 N40	4	6.0"
18X16 P40WD	3	9.8"

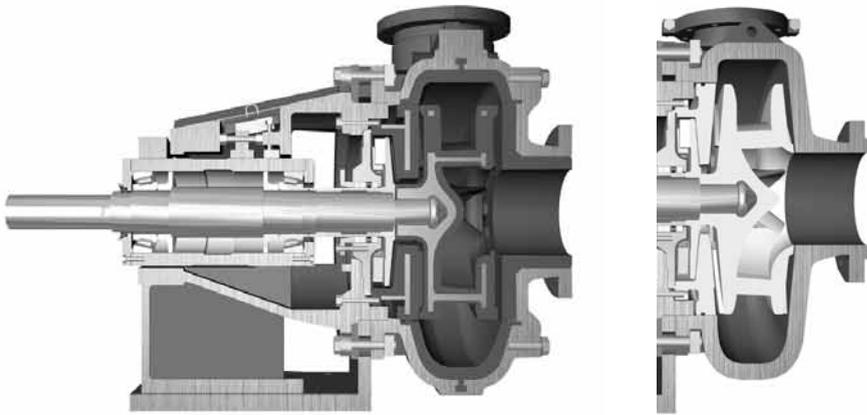
Типоразмер насоса	Количество	
	лопастей	Максимум
18x16 P40WD	4	7.4"
18x16 P46	3	9.8"
18x16 P46	4	7.4"
22x20 T46WD	3	12.5"
22x20 T46WD	4	8.5"
22x20 T52ND	4	9.0"
22x20 T52WD	3	12.5"
22x20 T52WD	4	10.0"
24x24 T52WD	3	12.5"
24x24 T52WD	4	10.0"

Транспор-
тировка
пульпы

Транспортировка пульпы

Шламовые насосы серий HR и HM

Шламовые насосы с корпусом из твердого металла
и с гуммированным корпусом для тяжелых условий работы



HR, мокрая сторона

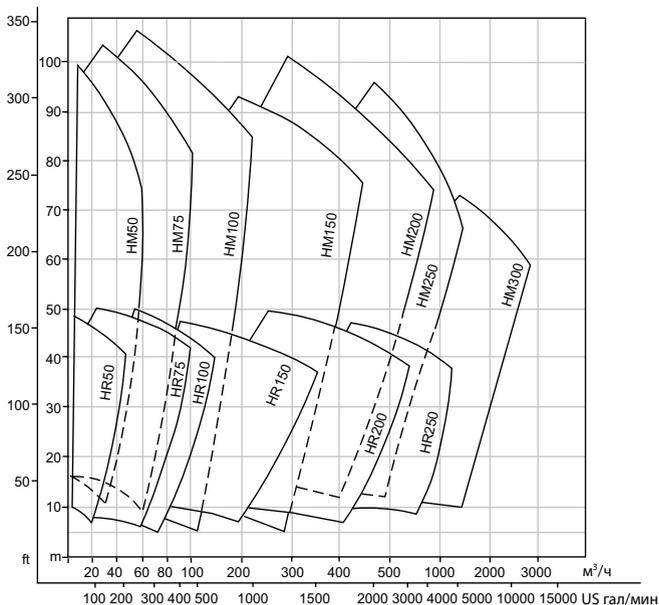
HM, мокрая сторона

Особенности конструкции

- Модульная конструкция с возможностью сдвига корпуса в заднем направлении.
- Мощная конструкция
- Большая толщина корпуса улиты/футеровки; шламовое рабочее колесо большого диаметра и тщательно согласованная, высокоэффективная гидравлика для равномерного износа деталей.
- Двойная регулировка для постоянства к.п.д.
- В конструкции использованы широкодоступные материалы, обеспечивающие превосходную износостойкость и коррозионную стойкость.
- Автономный патрон подшипника с увеличенным размером вала насоса и антифрикционными подшипниками.
- Различные варианты уплотнения вала.
- Простота технического обслуживания.

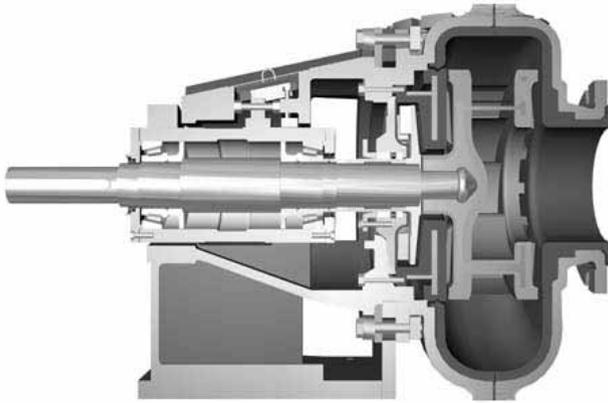
См. характеристики на стр. 8:34.

Диаграмма для выбора насосов

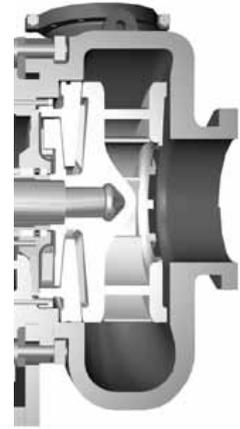


Шламовые насосы серии MR и MM

Шламовые насосы с корпусом из твердого металла и с гуммированным корпусом для рудничных работ



MR, мокрая сторона



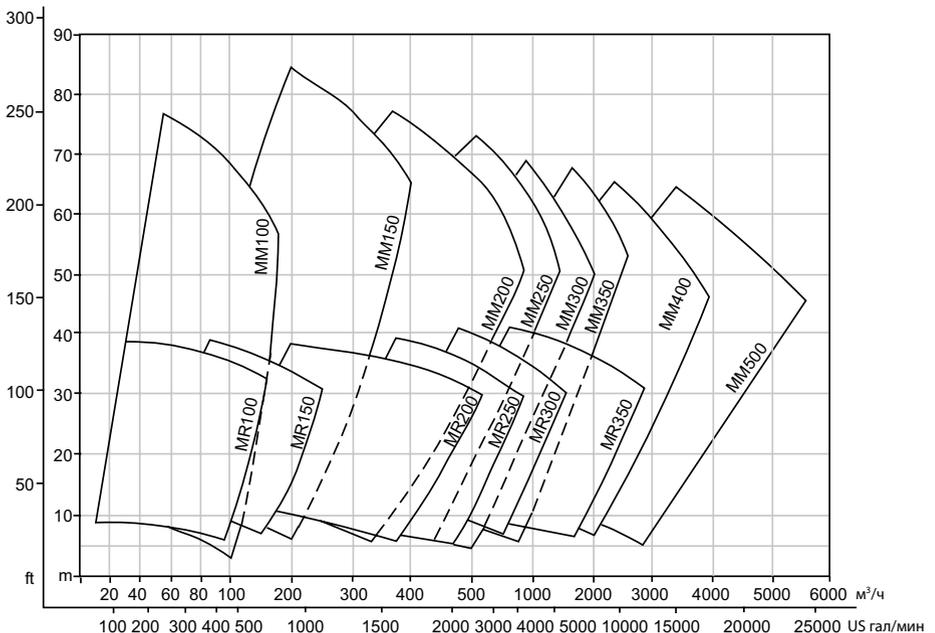
MM, мокрая сторона

Особенности конструкции

- Модульная конструкция с возможностью сдвига корпуса в заднем направлении.
- Мощная конструкция.
- Шламовое рабочее колесо среднего диаметра и тщательно согласованная, высокоэффективная гидравлика для равномерного износа деталей.
- Двойная регулировка для постоянства к.п.д.
- В конструкции использованы широкодоступные материалы, обеспечивающие превосходную износостойкость и коррозионную стойкость.
- Автономный патрон подшипника с увеличенным размером вала насоса и коническими роликоподшипниками, смазываемыми консистентной смазкой.
- Различные варианты уплотнения вала.
- Простота технического обслуживания.

См. характеристики на стр. 8:35.

Диаграмма для выбора насосов



Транспор-
тировка
пульпы

Вертикальные зумпф-насосы

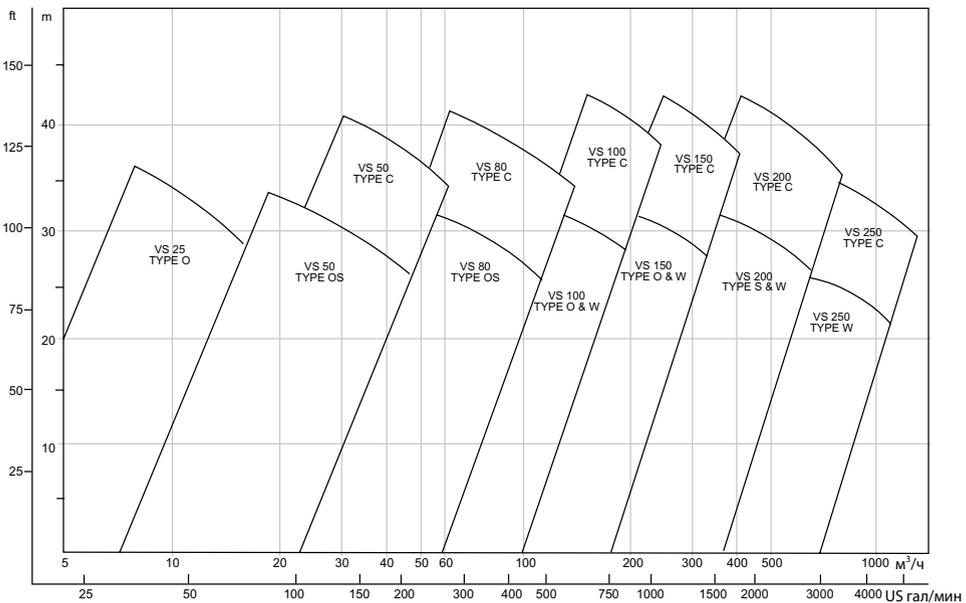


Особенности конструкции

- Простота монтажа.
- Консольная конструкция без погружных подшипников и уплотнения вала.
- Подшипниковый узел без двойного защитного уплотнения, предотвращающего проникновение пульпы.
- В конструкции использованы широкодоступные материалы, обеспечивающие превосходную износостойкость и коррозионную стойкость.
- Изнашиваемые детали поставляются изготовленными из различных материалов при полной взаимозаменяемости.
- Имеются варианты выбора рабочего колеса

См. характеристики на стр. 8:36.

Диаграмма для выбора насосов



Шламовые насосы серий VSHM и VSMM

Вертикальные насосы для отстойников



Насосы VSH и VSM представляют собою новую комбинацию наших классических насосов VS для отстойников и гидравлических частей горизонтальных насосов серии Orion.

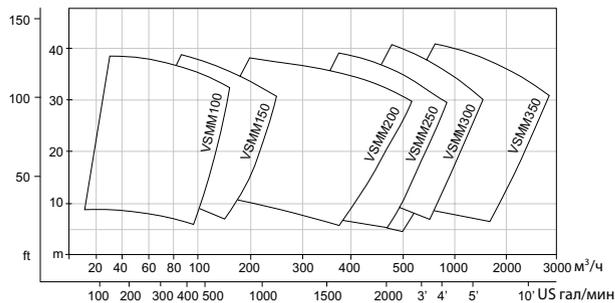
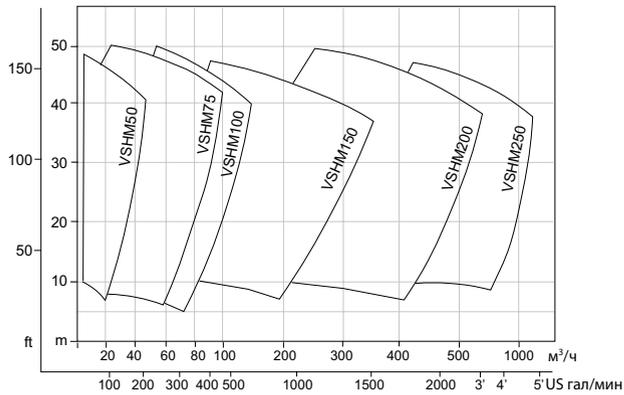
Этим обеспечивается значительное преимущество: одинаковые детали гидравлических частей используются для горизонтальных шламовых насосов и для зумпфовых насосов, что сокращает номенклатуру ЗИП и упрощает техническое обслуживание.

Также становится возможным достижение большего TDH, - полного динамического напора насоса.

Смотри лист данных 8:37.

Транспор-
тировка
пульпы

**Диаграмма для
выбора насосов**



Транспортировка пульпы

Шламовые насосы серии VT

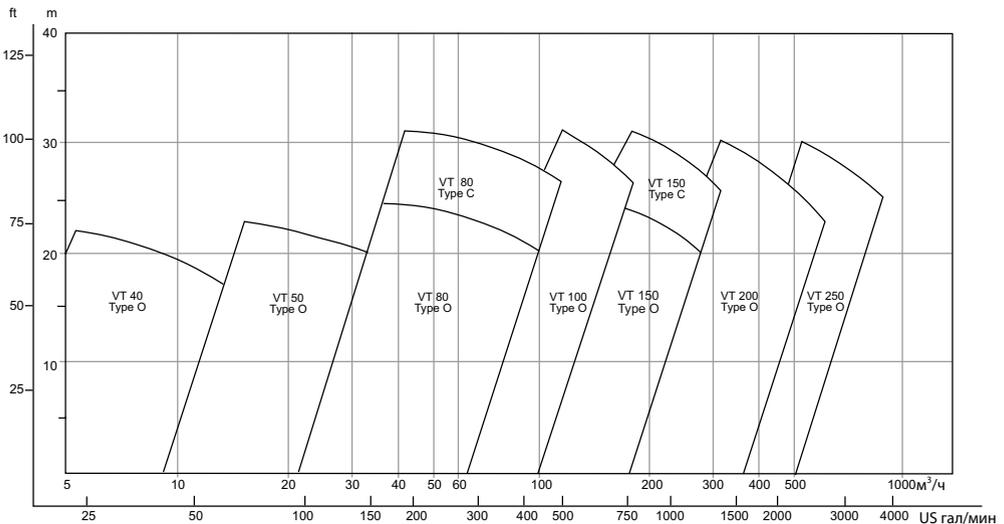
Вертикальные баковые насосы



- Насос, зумф насоса и двигатель, собранные в единый цельный агрегат, обеспечивают гибкость при размещении оборудования и простоту монтажа.
- Открытый зумф и вертикальный впускной патрубок препятствуют образованию воздушных пробок и способствуют плавности работы.
- Подшипники увеличенного размера продлевают срок службы, и делают необходимость технического обслуживания минимальной. Двойное защитное уплотнение препятствует проникновению пульпы.
- Консольный вал не содержит погружных подшипников и уплотнений. Для придания особой прочности и жесткости, вал выполнен из стального сплава.
- Простота замены изнашиваемых частей и взаимозаменяемость металлических/резиновых деталей.

См. характеристики на стр. 8:38.

Диаграмма для выбора насосов



Шламовые насосы серии VF

Вертикальные
пенные насосы

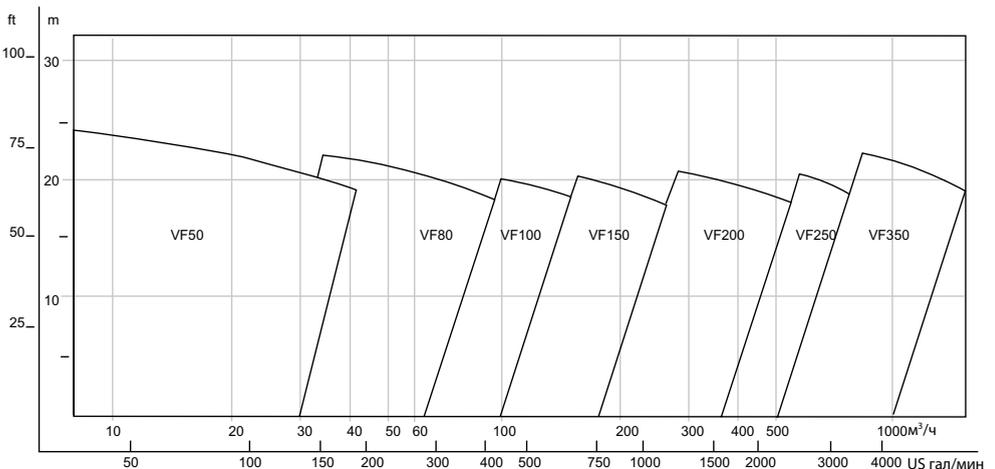


Особенности конструкции

- Насос, зумф насоса и двигатель, собранные в единый, цельный агрегат, обеспечивают гибкость при размещении оборудования и простоту монтажа.
- Открытый зумф и вертикальный впускной патрубок препятствуют образованию воздушных пробок.
- Подшипники увеличенного размера продлевают срок службы, и делают необходимость технического обслуживания минимальной. Двойное защитное уплотнение препятствует проникновению пульпы.
- Консольный вал не содержит погружных подшипников и уплотнений. Для придания особой прочности и жесткости, вал выполнен из стального сплава.
- Простота замены изнашиваемых частей и взаимозаменяемость металлических/ резиновых деталей.

См. характеристики на стр. 8:39.

Диаграмма для выбора насосов



Руководство по применению шламовых насосов

Как уже говорилось выше, единственным ограничением в сфере гидравлического транспортирования является Ваше собственное воображение.

Данное руководство по применению - это простой способ узнать, какой насос следует выбрать для той или иной задачи транспортирования пульпы.

Выбор по свойствам твердой фракции страница 8:15

Выбор по напору и объемной подаче страница 8:15

Выбор по типу пульпы страница 8:16

Выбор по сфере применения

Металлические и промышленные минералы страница 8:16

Строительные материалы страница 8:18

Уголь страница 8:19

Отходы и утилизация страница 8:19

Энергетические станции

и десульфуризация дымовых газов (FGD) страница 8:19

Пульпа и производство бумаги страница 8:20

Металлургия страница 8:20

Химические вещества страница 8:21

Разработка месторождений страница 8:21

Выбор насоса по свойствам твердой фракции

Среда: Крупнозернистая

Комментарии: Все, что крупнее 5 мм считается крупнозернистым.

Не применять гуммированные насосы, только металлические.

Обычно, верхний практический предел крупности 50 мм.

Ограничения связаны с ударами зерен о рабочее колесо.

Примечание: Макс. диаметр зерен 1/3 диаметра патрубков

Рекомендация: серии XM и HM.

Среда: Мелкозернистая

Комментарии: Если зерна острые, то следует использовать гуммированные насосы.

Если зерна не острые, то использовать либо гуммированные, либо металлические насосы.

Рекомендация: серии H и M.

Среда: С острыми (абразивными) зёрнами

Комментарии: Если крупность менее 5 мм, то использовать гуммированные насосы.

Если зерна крупнее 5 мм, то использовать металлические насосы.

Рекомендация: серии X, H и M.

Среда: С высоким процентом твердого

Комментарии: Следует быть осторожными, если процент твердого по объему приближается к 40%. Если процент твердого выше 50%, то пульпу вообще невозможно передавать центробежными насосами. Только вертикальные баковые насосы могут справиться с действительно высоким процентом твердого в пульпе.

Рекомендация: серия VT.

Среда: С низким процентом твердого

Комментарии: Выбирайте самые легкие и самые рентабельные насосы.

Рекомендация: серия M.

Среда: Волокнистые частицы

Комментарии: Проблема в закупоривании насоса частицами или воздушной пробкой. Используйте рабочие колеса с индуцированным течением (завихрением) (Vortex).

Среда : С зёрнами, однородными по крупности

Комментарии: Когда из пульпы удалены все мелкие зерна, может начать играть важную роль скорость оседания твердой фазы, и вызвать серьезное ухудшение характеристик насоса. К.п.д. перекачивания снижается для всех типов насосов.

Рекомендация: Насосы всех серий.

Выбор насоса по напору и объемной подаче

Режим: Высокий напор

Комментарий: Обычно выбирают металлические насосы из-за высокой окружной скорости рабочего колеса. Если нужны гуммированные насосы, то возможно потребуются их последовательное включение.

Макс. напор для насосов из твердого металла 125 м.

Макс. напор для гуммированного рабочего колеса 45 м.

Примечание! Не забывайте про быстрый износ центробежных насосов при высоких скоростях вращения.

Рекомендация: серии XM, XR и HM, или последовательное включение HR.

Режим: Переменный напор при постоянной подаче

Комментарии: Используйте мультискоростной привод или привод с частотным управлением

Рекомендации: Все серии.

Режим: Переменная подача при постоянном напоре

Комментарии: Используйте приводы изменяемых оборотов (с частотным управлением).

Рекомендации: Все серии.

Транспортировка пульпы

Режим: Большая высота всасывания

Комментарии: Предпочтительны металлические насосы из-за опасности схлопывания резиновой футеровки при высоком разрежении.

Макс. практическая высота всасывания 5 - 8 м, в зависимости от плотности среды.

Насосы несамозаполняющиеся, поэтому потребуются устройство для проливки.

Прежде чем производить запуск, сам насос и впускной патрубок следует заполнить жидкостью.

Рекомендации: серии ХМ, НМ и ММ.

Режим: Высокая объемная подача

Комментарии: Используйте параллельную установку насосов, см. стр. 11-92.

Опасность кавитации, см. раздел 10.

Рекомендации: Все серии.

Режим: Низкая объемная подача

Комментарии: Сравните с точкой наилучшего к.п.д., см. раздел 12.

При низких значениях подачи резиновая футеровка может перегреваться..

Будьте осторожны, если напор высокий, а подача небольшая.

Открытые вертикальные насосы не создают никаких проблем.

Рекомендация: Попробуйте использовать серии VS, VT и VF.

Режим: Флуктуирующая подача

Комментарии: Используйте горизонтальные насосы с приводом изменяемых оборотов или вертикальные насосы с фиксированной скоростью.

Рекомендация: серии VT, VF или VS.

Горизонтальные; все типы с приводом переменных оборотов.

Выбор насоса по типу пульпы

Среда: Хрупкая пульпа

Комментарии: Используйте рабочие колеса с индуцированным течением (целиком утопленные).

Можно использовать как металлические, так и гуммированные насосы; как горизонтальные, так и вертикальные.

Рекомендация: Все серии.

Среда: Пульпы углеводов (загрязненные маслами и реагентами)

Комментарии: Насосы, гуммированные натуральной резиной, исключаются.

Будьте осторожны с материалом уплотнений из натуральной резины. Используйте синтетические прокладки.

Используйте металлические насосы и изнашиваемые части из полиуретана.

Рекомендации: Все серии.

Среда: Высокотемпературные (более 100° С) пульпы

Комментарии: (Предельная температура для натуральной резины 60° С.) См. раздел 9 по синтетическим резинам.

Практический предел рабочей температуры 135° С. Выше этой температуры может произойти перегрев подшипников!

Рекомендация: Все серии горизонтальных насосов.

Среда: Пенные пульпы

Комментарии: используйте пенный насос вертикальной конструкции.

Рекомендация: Серия VF.

Среда: Опасные пульпы

Комментарии: Осторожно! в этом случае необходимо еще раз проконсультироваться в подразделении, занимающемся продажей насосов.

С точки зрения взрывоопасности, критическим местом является уплотнение вала. Обычно используют насосы закрытой системы.

Рекомендация: Серии горизонтальных насосов.

Среда: Агрессивные пульпы (с низким рН)

Комментарии: Для работы с кислотами используйте футеровку из резины или эластомера.

Для металлических насосов с деталями из хромистого железа предельное значение рН 2,5.

Пульпы с морской водой (содержащие хлориды) следует перекачивать гуммированными насосами.

Примечание! CuSO_4 (используется в схемах флотации) исключительно агрессивное вещество, используйте гуммированные насосы.

Рекомендация: Все серии.

Среда: Высоковязкие жидкости (ньютоновские)

Комментарии: Когда вязкость приближается к пятикратной вязкости воды, это становится критичным для перекачивания.

При таком ограничении можно использовать практически любой из наших насосов, если правильно выбрать типоразмер.

Рекомендации: Насосы всех типоразмеров.

Среда: Высоковязкие жидкости (неньютоновские)

Комментарии/Рекомендации: Такие задачи требуют большого искусства, и в этом случае также необходимо получить консультацию в подразделении, занимающемся продажей насосов.

Задача: Смешивание

Комментарии: Баковые насосы прекрасно подходят в качестве смесителей.

Смешивая воду и твердые составляющие, обращайте внимание на правильность соотношения жидкости и твердого.

Рекомендации: серии VT и VF.

Промышленное применение. Минералы

Применение: Насосы для схем измельчения

Комментарии: Серии X и H специально разработаны для схем измельчения (включая питание циклонов).

Для зерен крупностью менее 5 мм используйте гуммированные насосы. Если возможно, смешивайте вместе потоки, содержащие крупные и мелкие зерна, для улучшения стабильности пульпы.

Рекомендации: Серии XR и XM, HR и HM.

Применение: Насосы для пены

Комментарии: Серия VF специально разработана для перекачки пены

Будьте осторожны с напорами более 15 м.

Рекомендация: Серия VF.

Применение: Насосы для зумпфов пола

Комментарии: Используйте зумпфовые насосы типа VS с металлическими изнашиваемыми деталями, так как часто есть опасность попадания из зумпфа пола инородных предметов с размером больше номинального.

Если необходимо использовать гуммированный насос, то перед насосом или вокруг насоса поставьте решетку.

Рекомендация: Серия VS.

Применение: Насосы для хвостов

Комментарии: В зависимости от крупности зерен, можно использовать, как гуммированные, так и металлические насосы. Для установок, перекачивающих на большие расстояния, используйте несколько насосов, включенных последовательно

Рекомендации: Серии X и H, как гуммированные, так и металлические.

Применение: Насосы для питания гидроциклонов

Комментарии: для резкой классификации используйте горизонтальные насосы типа X или H. Для обезвоживающих циклонов используйте баковые насосы.

Рекомендации: Серии X, H и VT.

Транспортировка пульпы

Применение: Насосы для питания фильтрпрессов

Комментарии: Требуется высокий напор и управление оборотами насоса (как вариант, двухскоростной привод).

Избегайте гуммированных насосов из-за медленного нарастания напора.

Применение: Насосы для питания трубчатых прессов

Комментарии: Требуется небольшая подача при высоком напоре; используйте металлические насосы типа НМ.

Один насос может питать множество труб через кольцевой распределитель пульпы.

Рекомендации: Серия НМ.

Применение: Насосы для выщелачивания

Комментарии: См. агрессивные пульпы, стр. 8:15.

Применение: Насосы для утяжелителя (ТСС)

Комментарии: Большой напор на патрубке всасывания и высокий процент твердого в сочетании с низким напором на выпуске могут вызвать утечки в уплотнении рабочего колеса.

Рекомендации: Серия НМ.

Применение: Насосы общего назначения (для минералов)

Комментарии: Горизонтальные насосы типов ММ и MR идеально подходят для нормальных условий работы в схемах обогащения минералов. При высокой абразивности среды используйте серии X и H.

Гуммирование, обычно, предпочтительно в схемах обогащения «крепких пород».

Для специальных задач используйте вертикальные насосы..

Рекомендации: Все серии

Промышленное применение, Строительные материалы

Применение: Насосы для промывочной воды (песка и гравия)

Комментарии: Обычно используются вертикальные насосы типа VS и VT.

Также подходит горизонтальный насос серии М.

Рекомендации: Серии V и M.

Применение: Насосы для транспортирования песка

Комментарии: Предпочтительны горизонтальные насосы с резиновой футеровкой.

Рекомендации: Серия MR.

Применение: Насосы для откачки воды из туннелей

Комментарии: В качестве передних используйте водоотливные насосы. Для первой стадии транспортирования обычно используются вертикальные насосы типа VS.

Для горизонтальной перекачки на дальние расстояния используйте серию НМ.

Для выемок от бурения (бурильной машиной) используйте насосы НМ и ММ.

Для малых туннелей (микробурение) используйте малые НМ.

Рекомендации: Серии H, M и VS. (Гуммированные насосы исключены из-за наличия масел)

Применение: Водоотливные насосы

Комментарии: Для легких условий работы используйте горизонтальные насосы типа РМ, также приводимые от дизельных двигателей.

Рекомендации: Серия РМ.

Промышленное применение.

Уголь

Применение: Насосы для промывки угля

Комментарии: Обычно используются металлические насосы из-за опасности попадания чрезмерно крупных посторонних предметов.

Рекомендации: Серии НМ и ММ.

Применение: Насосы для пены (угольной)

Комментарии: Используйте вертикальные насосы типа VF.

Рекомендации: Серия VF.

Применение: Насосы для угольно-водяной смеси

Комментарии: Используйте стандартные насосы серий М и РМ.

Рекомендации: Серии М и РМ.

Применение: Насосы общего назначения (для угля)

Комментарии: В угольной промышленности гуммированные насосы обычно не используются.

Рекомендации: Используйте серии НМ и ММ.

Промышленное применение, Отходы и утилизация

Применение: Насосы для обработки стоков

Комментарии: Условия работы легкие. Используются как горизонтальные, так и вертикальные насосы. Металлические насосы выбирают в первую очередь.

Рекомендации: Серии НМ, ММ и V.

Применение: Гидравлический транспорт легких отходов

Комментарии: Используйте горизонтальные насосы с рабочим колесом с индуцированным течением (Vortex).

Рекомендации: Серии НМ и ММ.

Применение: Насосы для обработки грунта

Комментарии: См. выше насосы для работы с минералами. Насосы типа VT рекомендуются для передвижных и полустационарных установок (нет проблем с утечками уплотнений; простота перевозки и монтажа).

Рекомендации: Все серии.

Промышленное применение. Энергетические станции и десульфуризация дымовых газов (FGD)

Применение: Насосы для питания реакторов FGD (известь)

Комментарии: Обычно для транспортирования минеральных сред используются серии X, H и M, все с гуммированными и/или металлическими частями.

Для высоких концентраций хлоридов - гуммированные насосы.

Рекомендации: Серии X, H и M.

Применение: Насосы для разгрузки реакторов FGD (гипс)

Комментарии: См. выше насосы для извести.

Рекомендации: Серии X, H и M.

Применение: Перекачка зольных остатков

Комментарии: Предпочтительны металлические насосы из-за высоких температур и размера частиц.

Используйте горизонтальные насосы типов X и H.

Рекомендации: Серии XM и НМ.

Применение: Перекачка зольной пыли

Комментарии: Обычно используются металлические насосы из-за опасности загрязнения маслами.

Если необходимо использовать гуммирование (низкий pH) следите, чтобы не было масел или иных химических веществ.

Рекомендации: Серии X, H, M и VS.

Промышленное применение. Пульпа и производство бумаги

Применение: Насосы для извести и известкового ила

Комментарии: Эти применения обычно связаны с высокой температурой. Поэтому рекомендуются насосы с металлическими деталями.

Рекомендации: Серии НМ и ММ.

Применение: Насосы для некондиционной пульпы (содержащей песок)

Комментарии: Режим работы, как правило, легкий, но рекомендуются насосы с металлическими деталями. Обычно, здесь соперниками являются насосы из нержавеющей стали.

Рекомендации: Серия ММ.

Применение: Насосы для перекачки твердой фракции после корообдирки

Комментарии: Для песка и коры разработан вертикальный насос типа VS особо большой длины.

Используйте металлические детали и рабочее колесо с индуцированным течением. (Vortex).

Рекомендации: Серия VS.

Применение: Насосы для гидравлического транспортирования древесной щепы

Комментарии: Используйте насосы с индуцированным течением (Vortex) типа Н и М.

Рекомендации: Серии НМ и ММ.

Применение: Насосы для пульпы наполнителя бумаги и мелования

Комментарии: Гуммированные насосы исключены из-за загрязнения красителями.

Рекомендации: Серии НМ, ММ, VS и VT. (с деталями только из металла)

Применение: Насосы для откачки проливов на пол

Комментарии: Используйте вертикальные насосы типа VS. Иногда, из-за низкого рН, требуются насосы из нержавеющей стали.

Рекомендации: серия VS.

Промышленное применение. Металлургия

Применение: Насосы для транспортирования вторичной окалины

Комментарии: В первую очередь, стоит выбрать вертикальный насос типа VS с рабочим колесом с индуцированным течением и металлическими деталями.

Из горизонтальных насосов, используйте тип НМ, и только с металлическими деталями.

Рекомендации: Серии НМ и VS.

Применение: Насосы для транспортирования шлама

Комментарии: Те же соображения, что и для рассмотренных выше насосов для вторичной окалины.

Применение: Насосы для мокрых стоков скрубберов

Комментарии: Обычно рекомендуются горизонтальные насосы серии М или вертикальные насосы серии VS.

Если рН очень низкий, то используйте гуммированные насосы.

Если рН очень низкий, а температура очень высокая, используйте насосы с деталями из нержавеющей стали или синтетической резины.

Рекомендации: Серии MR и VS.

Применение: Насосы для транспортирования железного порошка

Комментарии: См. рассмотренные ранее насосы для утяжелителя.

Применение: Насосы для стружки металлорежущих станков

Комментарии: Гуммированные детали исключаются из-за присутствия масел.

Рекомендуются вертикальные насосы типа VS и горизонтальные насосы типа М.

Рекомендации: Серии VS и ММ.

Промышленное применение. Химические вещества

Применение: Насосы для кислотных пульп

Комментарии: В первую очередь рекомендуются горизонтальные насосы с гуммированными деталями или деталями из нержавеющей стали. Для сильноабразивных пульп используйте горизонтальный насос типа HR.

Рекомендации: Серии MR и HR.

Применение: Насосы для рассолов

Комментарии: Это случай очень агрессивной среды. Она также может быть и абразивной (кристаллы).

Можно использовать полиуретан, чтобы избежать кристаллизации на деталях насоса.

Рекомендации: Серии HM, HR, MM, MR и VS (с деталями из полиуретана).

Применение: Насосы для щелочей

Комментарии: Могут быть использованы и гуммированные и металлические насосы. Простой случай применения.

Рекомендации: Серии MM, MR, PM и VS.

Промышленное применение. Разработка месторождений

Применение: Насосы для гидравлического обратного заполнения (с цементом или без цемента)

Комментарии: Осторожно с обесшамленными хвостами! Используйте горизонтальные насосы типа H или M с гуммированными или металлическими деталями.

Рекомендации: Серии H и M.

Применение: Насосы для рудничных вод (с твердыми фракциями)

Комментарии: Обычно, рекомендуются горизонтальные насосы типа HM (если требуется, с многоступенчатым включением).

Будьте осторожны с коррозией!

Рекомендации: Серия HM

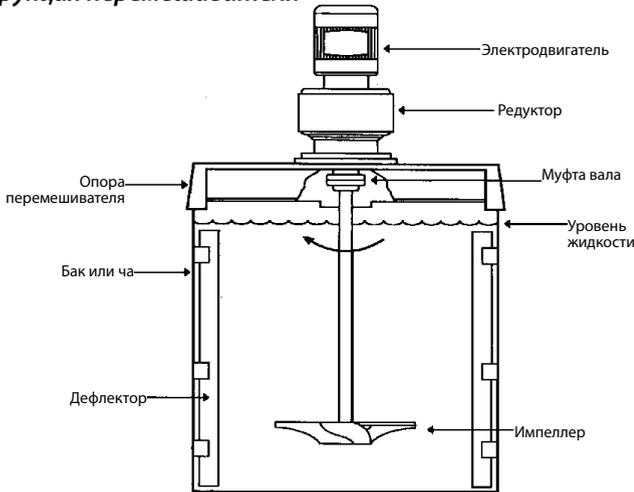
Транспортировка пульпы

Перемешивание пульпы – Введение

Перемешивание - очень важная составляющая работы с пульпой. Это техника создания движения жидкости в сосуде, которое необходимо для:

- **Мягкого перемешивания** (при флокуляции)
- **Стандартного перемешивания** для растворения, получения суспензий, накопления, выщелачивания и кондиционирования
- **Интенсивного перемешивания** (для оттирки, скрубберной очистки)

Конструкция перемешивателя



Перемешиватель - варианты импеллеров (крыльчаток)

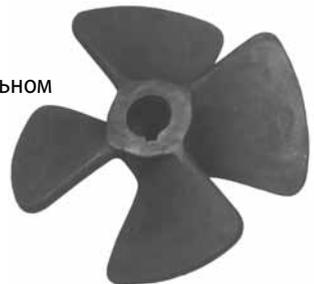
Импеллер MIL[®]

- Малая потребляемая мощность, малые вес и срезающее действие.
- Создает интенсивный осевой поток, что допускает его высокую установку - далеко от днища чана.
- Допускает установку на расстоянии от днища чана, равном 1/2 диаметра импеллера без значительного роста потребляемой мощности (конструкция со скошенными лопастями)
- Не требует стабилизирующих ребер, создающих увеличение сопротивления и потребляемой мощности.
- Допускает установку близко к поверхности жидкости (1/4 диаметра импеллера) без создания серьезных завихрений.
- Материал - малоуглеродистая или нержавеющая сталь. Гуммирование для абразивных и агрессивных пульп.
- Поставляются размером от 200 мм (8") до 7620 мм (300") с 3,4 или 6 лопастями.



Винтовой импеллер Helix

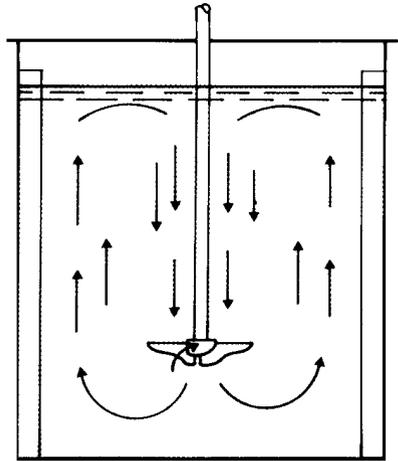
- Вариант на замену импеллера MIL[®], когда требуется интенсивное перемешивание.
- Создает как осевой, так и радиальный потоки при сильном срезающем действии.
- Потребляемая мощность на (30-40%) больше, чем у импеллера MIL[®]
- Для задач, требующих большого срезающего действия
- Могут поставляться с резиновым покрытием
- Поставляются размером от 200 мм (8") до 4570 мм (180")



Перемешивание – Типичные конфигурации

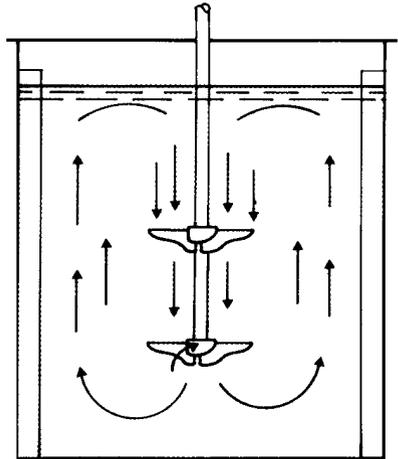
Перемешивание – стандартное

- С одним импеллером MIL® для большинства применений
- Осевой поток
- Отношение «глубина чана/диаметр» 1,15:1



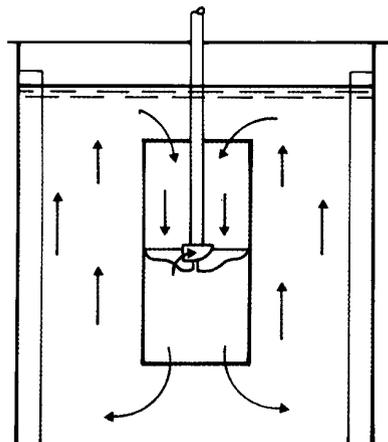
С двумя импеллерами MIL® для более глубоких чанов

- Отношение «глубина/диаметр» больше, чем 1,15:1, но меньше, чем 1,8:1
- Для пульпы высокой вязкости
- Для высокого процента твердого



Перемешивание – кондиционирование

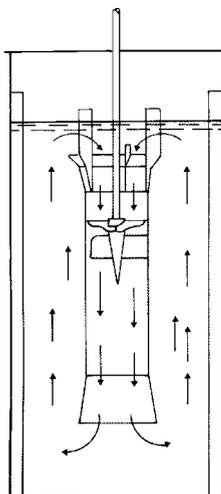
- Осевой поток
- По желанию заказчика -тяговая труба для предотвращения возникновения мешающих короткозамкнутых течений
- Типичное применение - флотация (смешивание реагентов при флотации, корректировка pH).
- С одним импеллером MIL® и с тяговой трубой
- С двумя импеллерами MIL® без тяговой трубы
- Отношение «глубина чана/диаметр» меньше, чем 1.8:1
- Импеллеры MIL® или Helix (Helix для наибольшего срезающего действия)



Транспортировка пульпы

Перемешивание – Тяговая труба

- Осевой поток
- Отношение глубины к диаметру более, чем 1.8 : 1
- Специальное исполнение для управляемой циркуляции (при выщелачивании, аггломерации, выращивании кристаллов)
- Большие объемы потока
- Низкое потребление энергии
- Одиночный импеллер
- Макс. 50% твердого по весу
- Короткий вал



Перемешиватели – Выбор чана

Выбор типоразмера перемешивателя связан со сложными вычислениями, в которых участвует несколько взаимозависимых переменных.

Предварительно оценить требования к перемешивателю можно, выполнив нижеприведенную процедуру:

Размеры чана выбирают так, чтобы он вмещал определенный объем пульпы, или, чтобы обеспечивал определенное время пребывания пульпы в чане.

Требуемый объем (м³) = Расход (м³/мин) x Время пребывания (мин)

Типичные значения времени пребывания пульпы в чане:

Флотация - кондиционирование или перемешивание	10 мин
Флотация – коррекция pH	3 мин
Выщелачивание золота (всего для 4-10 последовательных чанов)	24 ч
Абсорбция СІР (всего для 4-8 последовательных чанов)	8 ч

Чаны для перемешивателей – эффективный объем

Размеры чана Диам. x Высота (м)	Диам. x Высота, фут	Объем (эфф., за исключ объема над поверхностью)	
		м ³	фут ³
1,25 x 1,25	4 x 4	1,4	45
1,5 x 1,5	5 x 5	2,4	90
1,75 x 1,75	6 x 6	3,8	150
2 x 2	7 x 7	5,7	240
2,5 x 2,5	8 x 8	11,0	360
3 x 3	10 x 10	19,1	705
3,5 x 3,5	12 x 12	30,0	1 220
4 x 4	13 x 13	45	1 550
4,5 x 4,5	15 x 15	64	2 385
5 x 5	16 x 16	88	2 900
6 x 6	20 x 20	153	5 650
7 x 6	23 x 20	208	7 480
8 x 7	26 x 23	317	11 000
9 x 8	30 x 26	458	16 500
10 x 9	33 x 30	636	23 100
12 x 12	40 x 40	1 221	45 200
14 x 12	46 x 40	1 662	59 800

Перемешивание – Выбор импеллера, MIL®

После того как установлен размер чана, можно оценить, какой механизм требуется для «стандартного» или «кондиционирующего» перемешивателя, если по следующей таблице определить категорию режима его работы: «легкий», «средний» или «тяжелый» режим:

Стандартные перемешиватели - Режим работы

Режим	Легкий	Средний	Тяжелый
Вязкость пульпы (сПз)	300	500	1000
Макс. крупность твердого (мм) (меш)	0,1 (150)	0,2 (65)	0,35 (42)
Макс. плотность сухого твердого (г/см ³)	3,0	3,5	3,5
Макс. плотность жидкости (г/см ³)	1,0	1,1	1,2
Макс. содержание твердого (% по весу)	15	25	45

Кондиционирующие перемешиватели - Режим работы

Режим	Средний	Тяжелый
Макс. крупность твердого (мм) (меш)	0,25 (60)	0,25 (60)
Макс. плотность сухого твердого (г/см ³)	2,7	3,5
Макс. плотность жидкости (г/см ³)	1,0	1,0
Макс. содержание твердого (% по весу)	20	45

Стандартные перемешиватели (с одним импеллером MIL®), метр. сист.

Размер чана Диам x Выс. [м]	Объем чана м ³	Легкий режим			Средний режим			Тяжелый режим		
		Диам. имп. мм	Число лопастей имп.	Мощн. двиг. кВт*	Диам. имп. мм	Число лопастей имп.	Мощн. двиг. кВт*	Диам. имп. мм	Число лопастей имп.	Мощн. двиг. кВт*
1,25 x 1,25	1,4	305	3	0,18	380	3	0,37	610	3	1,1
1,5 x 1,5	2,4	380	3	0,25	455	3	0,55	610	3	1,1
1,75 x 1,75	3,8	455	3	0,37	610	3	1,1	760	3	2,2
2 x 2	5,7	610	3	0,75	610	3	1,1	915	6	3
2,5 x 2,5	11,0	610	3	0,75	760	3	1,5	1 065	6	4
3 x 3	19,1	760	3	1,1	915	6	2,2	1 220	6	5,5
3,5 x 3,5	30	915	6	2,2	1 065	6	3	1 370	6	5,5
4 x 4	45	1 065	6	3	1 220	6	4	1 525	6	7,5
4,5 x 4,5	64	1 220	6	3	1 370	6	5,5	1 830	6	11
5 x 5	88	1 370	6	4	1 525	6	5,5	2 135	6	15
6 x 6	152	1 525	6	5,5	1 830	6	7,5	2 440	6	18,5
7 x 6	208	1 830	6	7,5	2 135	6	11	2 745	6	22
8 x 7	317	2 135	6	11	2 440	6	15	3 050	6	30
9 x 8	458	2 440	6	11	2 745	6	18,5	3 660	6	45
10 x 9	636	2 745	6	15	3 050	6	22	4 570	6	75
12 x 12	1 226	3 050	6	18,5	3 660	6	30	4 570	6	75
14 x 12	1 662	3 660	6	30	4 570	6	55			

* значение кВт соответствует мощности установленного двигателя

Транспортировка пульпы

Стандартные перемешиватели (с одним импеллером MIL[®]), брит. сист.

Размер чана		Легкий режим			Средний режим			Тяжелый режим		
Диам. x Высота фут	Объем чана фут ³	Диам. имп. дюйм	Число лопастей имп.	Мощн. двигат. л.с.*	Диам. имп. дюйм	Число лопастей имп.	Мощн. двигат. л.с.*	Диам. имп. дюйм	Число лопастей имп.	Мощн. двигат. л.с.*
4 x 4	45	12	3	0,25	15	3	0,50	24	3	1,5
5 x 5	90	15	3	0,34	18	3	0,75	14	3	1,5
6 x 6	150	18	3	0,50	24	3	1,5	30	3	3,0
7 x 7	240	24	3	1,0	24	3	1,5	36	6	4,0
8 x 8	360	24	3	1,0	30	3	2,0	42	6	5,4
10 x 10	705	30	3	1,5	36	6	3,0	48	6	7,5
12 x 12	1 220	36	6	3,0	42	6	4,0	54	6	7,5
13 x 13	1 550	42	6	4,0	48	6	5,4	60	6	10,2
15 x 15	2 385	48	6	4,0	54	6	7,5	72	6	15,0
16 x 16	2 900	54	6	5,4	60	6	7,5	84		
20 x 20	5 650	60	6	7,5	72	6	10,2	96	6	20,0
23 x 20	7 480	72	6	10,2	84	6	15,0	108	6	30,0
26 x 23	11 000	84	6	15,0	96	6	20,0	120	6	40,0
30 x 26	16 500	96	6	15,0	108	6	25,0	144	6	61
33 x 30	23 100	108	6	20,0	120	6	30,0	180	6	102
40 x 40	45 200	120	6	25,0	144	6	40,0	180	6	102
46 x 40	59 800	144	6	40,0	180	6	75,0	-	-	-

* значение л.с. соответствует мощности установленного двигателя

Кондиционирующие перемешиватели (с одним импеллером MIL[®]), метр. сист.

Размер чана		Средний режим			Тяжелый режим		
Диам. x высота м	Объем чана м ³	Диам. имп. мм	Число лопастей имп.	Мощность двигателя кВт*	Диам. имп. мм	Число лопастей имп.	Мощность двигателя кВт*
1,25x1,25	1,4	380	3	0,37	455	3	0,75
1,5x1,5	2,4	455	3	0,55	610	3	1,5
1,75x1,75	3,8	610	3	1,1	610	3	1,5
2x2	5,7	610	3	1,1	760	3	2,2
2,5x2,5	11,0	760	3	1,5	915	6	3
3x3	19,1	915	6	2,2	1065	6	4
3,5x3,5	30	1065	6	3	1220	6	5,5
4x4	45	1220	6	4	1370	6	7,5
4,5x4,5	64	1370	6	5,5	1525	6	11
5x5	88	1525	6	7,5	1830	6	11
6x6	152	1830	6	11	2135	6	15
7x6	208	2135	6	11	2440	6	22
8x7	317	2440	6	15	2745	6	30

* значение кВт соответствует мощности установленного двигателя

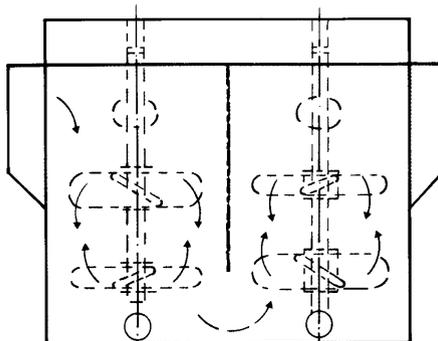
Кондиционирующие перемешиватели (с одним импеллером MIL[®]), брит.сист.

Размер чана Диам. x высота фут	Объем чана фут ³	Средний режим			Тяжелый режим		
		Диам. имп. дюйм	Число лопастей имп.	Мощность двигателя л.с.*	Диам. имп. дюйм	Число лопастей имп.	Мощн. двигат. л.с.*
4 x 4	45	15	3	0,50	18	3	1,0
5 x 5	90	18	3	0,75	24	3	2,0
6 x 6	150	24	3	1,5	24	3	2,0
7 x 7	240	24	3	1,5	30	3	3,0
8 x 8	360	30	3	2,0	36	6	4,0
10 x 10	705	36	6	3,0	42	6	5,4
12 x 12	1 220	42	6	4,0	48	6	7,5
13 x 13	1 550	48	6	5,4	54	6	10
15 x 15	2 385	54	6	7,5	60	6	15
16 x 16	2 900	60	6	7,5	72	6	15
20 x 20	5 650	72	6	10,2	84	6	20
23 x 20	7 480	84	6	15,0	96	6	25
26 x 23	11 000	96	6	20,0	108	6	40

Перемешивание – Оттирочный скруббер

Оттирка в скруббере - это нечто большее, чем просто накопление или перемешивание пульпы. Она ближе к процессам промывки и сепарации.

Оттирочные скрубберы, это простые, но высокоэффективные устройства для очистки частиц при содержании твердого в пульпе 70-80%. Два встречно направленных спиральных импеллера Helix на каждом валу создают интенсивное перемешивающее действие, заставляя отдельные частицы сталкиваться друг с другом, что приводит к оттирке, очистке поверхностей и дезинтеграции агломератов.



Типичные области применения:

Удаление пятен Fe с зерен песка. Дезинтеграция агломератов глины в песке.
 Расслаивание минералов, таких как каолин и графит. Перемешивание сухой глины с водой (приготовление пульпы) перед мокрым технологическим процессом.
 Разделение масла и песка. Гашение извести.

Транспортировка пульпы

Оттирочные скрубберы – Выбор типоразмера

Ограничение: Максимальная крупность индивидуальных частиц для скруббера 10 мм. Картина течения пульпы в скруббере такова, что следует выбирать четное число камер (например, 2, 4, 6 камер). Время пребывания материала в скруббере выбирайте на основе результатов опробывания или данных действующей установки. При отсутствии такой информации, положите время пребывания равным 6-8 минутам при содержании твердого 75% w/w, как для типичной задачи оттирки песка.

Размер скруббера	Макс. расход/две камеры	
	м ³ /ч	US гал/мин
24x24	13	56
32x32	22	99
40x40	32	141
48x48	64	282
56x56	96	424
64x64	112	493
72x72	128	564

Камеры оттирочных скрубберов - Размер и мощность

Тип	Объем на 1 камеру		Мощн. подключенного двигателя на 1 камеру		
	м ³	фут ³	кВт	л.с.	
11x11*	0,028	1	0,75	1	Клиноременный привод
16x16*	0,085	3	4,0	5,4	
24x24	0,285	10	7,5	10	"
32x32	0,710	25	11,0	15	"
40x40	1,280	45	18,5	25	"
48x48	2,130	75	30	40	Редукторный привод
56x56	3,550	125	45	60	"
64x64	5,300	185	55	74	"
72x72	6,870	242	75	100	"

* размеры лабораторных и опытных установок

Пульпопроводы

Важность шламовых насосов состоит в том, что они являются источниками энергии во всех гидравлических системах, служащих для транспортирования пульпы. Однако, шламовые насосы, главным образом представляют собой преобразователи энергии в этих системах (преобразуя электрическую энергию в гидравлическую энергию течения). Столь же важным является и проектирование пульпопроводов с надлежащим размером шлангов (или труб), включающее в себя определение:

- Геометрии прокладки шлангов (в вертикальном и горизонтальном направлениях), которая необходима для выполнения работы транспортирования.
- Материала шлангов, устойчивого к износу и химическому воздействию передаваемой среды.
- Диаметров шлангов, которые обеспечат максимальную эффективность системы транспортирования пульпы.

Пульпопровод



ОПЕРАЦИИ, В КОТОРЫХ УЧАСТВУЕТ ПУЛЬПА

- Измельчение
- Классификация
- Сепарация
- Седиментация
- Механическое обезвоживание

Транспортирование пульпы – Шланги

Для транспортирования пульпы шланги играют такую же роль, какую играет конвейерная лента для транспортирования сухих материалов. Это простые изделия, которые должны просто выполнять свои функции. В противном случае, ход процесса будет нарушен, и будет потеряно рабочее время.

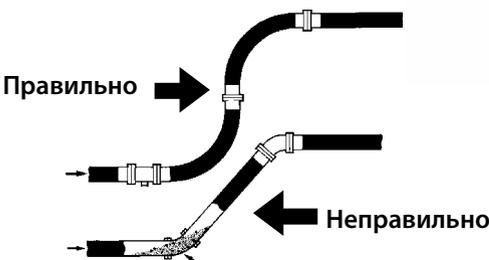
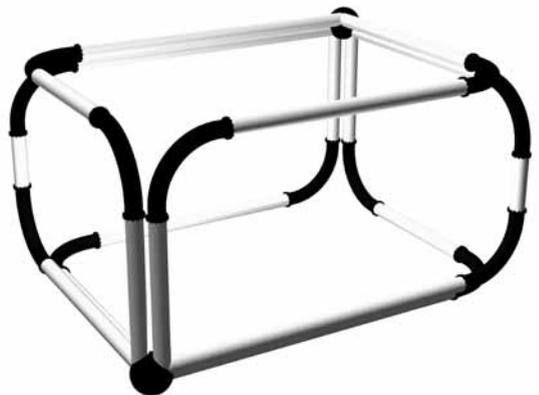
Так как в большинстве случаев при обогащении минералов, операции являются непрерывными и протекают в агрессивных и абразивных средах, сосредоточимся в данном разделе на резиновых шлангах.

Геометрия прокладки шлангов пульпопроводов

Есть всего одно правило прокладки шлангов и труб пульпопроводов, но это золотое правило.

“Соединяя шланги гидравлически, никогда не допускайте резких изгибов!”

Правило №1:
Радиус изгиба шланга
должен быть
больше 3-х диаметров шланга

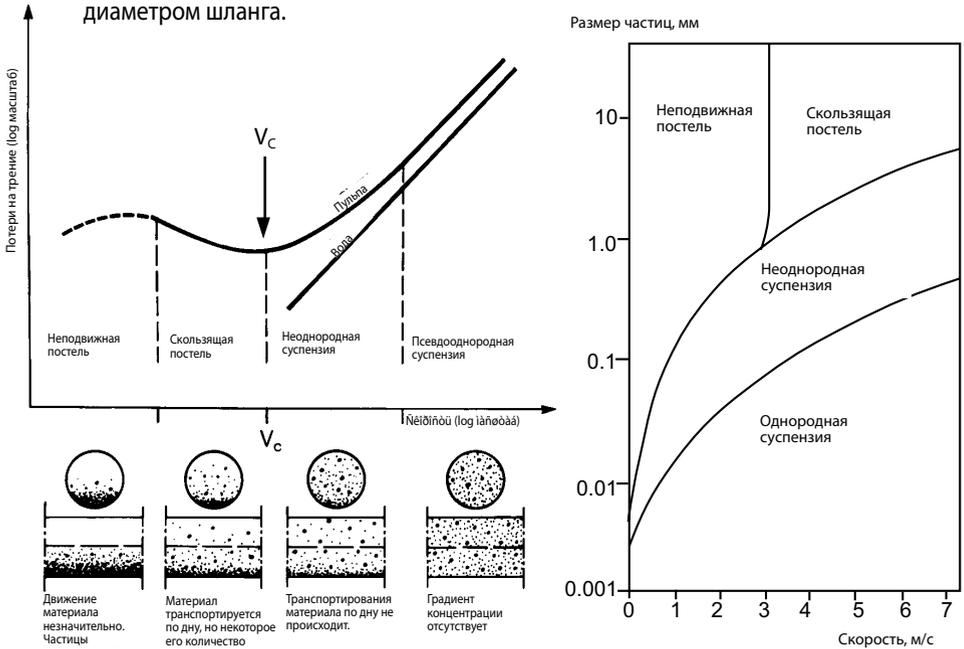


Правило №2: Прокладывая шланг
вверх, ведите его по возможности
вертикально!

Транспортировка пульпы

Шланги для пульпопроводов – Диаметр

- Каждая система транспортирования пульпы требует правильного выбора шлангов.
- Скорость транспортирования материала в шланге должна превышать скорость его оседания.
- Слишком высокая скорость транспортирования увеличивает износ и энергопотребление.
- Важно найти баланс между оптимальной скоростью пульпы и корректным диаметром шланга.



Условия течения для песка (плотность= 2.7)

V_c = критическая скорость = скорость между состоянием скользящей постели и состоянием неоднородного потока. Ниже этой скорости, есть опасность закупоривания шланга

Типичная V_c (внутр.диам.шланга 75-150 мм, 3-6")

Питание флотации (80%

минус 50 микрон) 1.0 м/с

Хвосты (средн. крупности) 1.5-2.1 м/с

Песок, мелкий 2.4-3.0 м/с

Песок, средний 3.4 м/с

Песок, крупный 3.7-4.0 м/с

Экземпляр:

Питание флотации 120 м³/ч, V_c = 1м/с.

Выбрать диаметр шланга.

$120/3600=108$ м³/ч, $0.03/1=0.03$ м²

$D^2=0.03 \times 4/3.14$, $D=0,195$ м = 195 мм

Внутренние диаметры шлангов см. на следующей странице.

Выбираем диаметр 204.

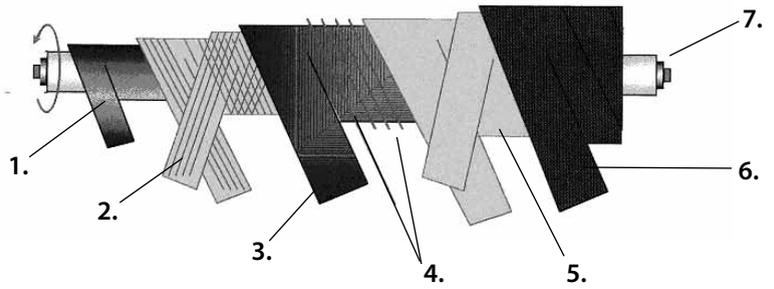
Шланги для пульпопроводов – Материал

Для большинства задач транспортирования пульпы, в первую очередь следует выбирать полимеры (стальные трубы здесь не рассматриваются). Причина - малый вес, простота монтажа и долгий срок службы.

- Если присутствует высокая температура или агрессивные химические вещества, то используйте трубы облицованные полиуретаном!
- Во всех других случаях используйте резиновые шланги.

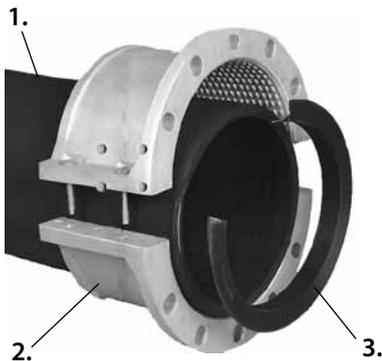
Сведения по износу пульпопроводов см. на стр. 9:12!

Резиновые шланги для пульпопроводов - Устройство



Конструкция

1. Натуральная резина (40 ShA)
2. Корд из полиэстера
3. «Слоеная» резина
4. Стальная проволока
5. Корд из полиэстера
6. Наружная оболочка
7. Технологический инструмент для получения шланга



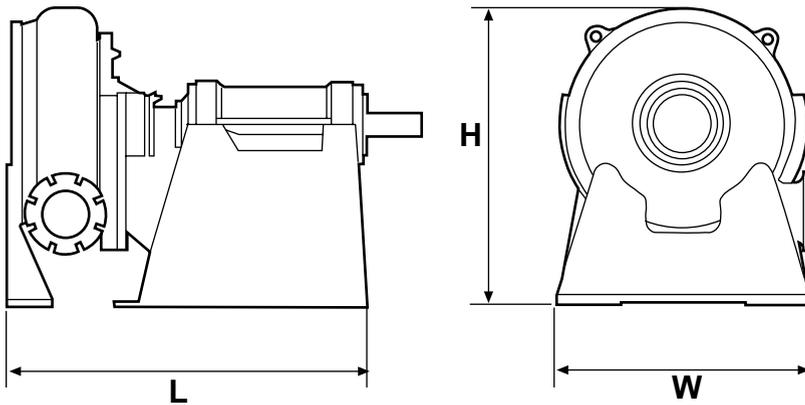
- Долгий срок службы
- Простой монтаж
- 3 основных компонента (модуля)
1) шланг 2) полумуфты 3) прокладка
- Невысокая стоимость (модульная конструкция)
- Скошенная прокладка для простоты монтажа
- Простота конфигурирования
- Меньшая передача вибраций
- Пониженный уровень шума

Шланги для пульпопроводов* - Внутренний диаметр

мм	дюйм	мм	дюйм
51	2	204	8
63	2 1/2	254	10
76	3	305	12
80	3,1	355	14
102	4	405	16
116	4 1/2	457	18
127	5	508	20
152	6	610	24

* Максимальная длина 40 м (130 фут)

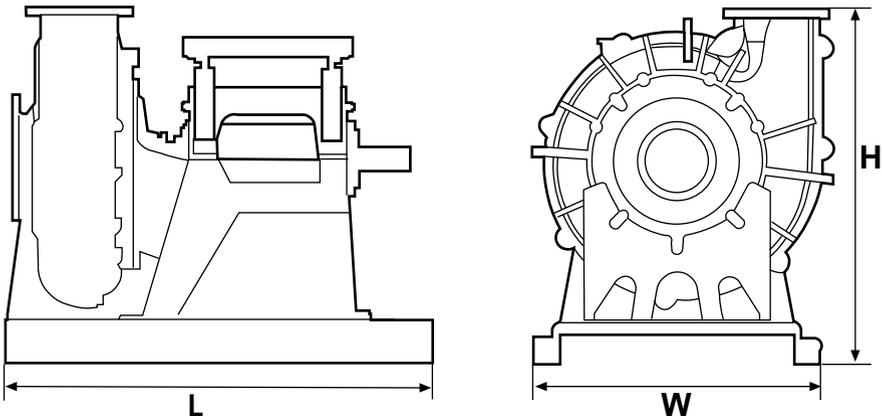
Шламовые насосы - XM



Модель	Впуск. патр. мм (дюйм)	Выпуск. патр. мм (дюйм)	H мм (дюйм)	L мм (дюйм)	W мм (дюйм)	Вес* т
XM350	350 (14)	300 (12)	1 727 (68)	1 808 (71)	1 110 (44)	5,0
XM400	400 (16)	350 (14)	1 881 (74)	1 980 (78)	1 204 (47)	6,7
XM500	500 (20)	450 (18)	2 150 (84)	2 145 (84)	1 380 (54)	9,8
XM600	600 (24)	550 (22)	2 468 (97)	2 308 (91)	1 566 (61)	14,9
XM700	700 (28)	650 (26)	2 560 (100)	2 324 (91)	1 565 (61)	19,9

* Вес с чистым валом

Шламовые насосы - XR

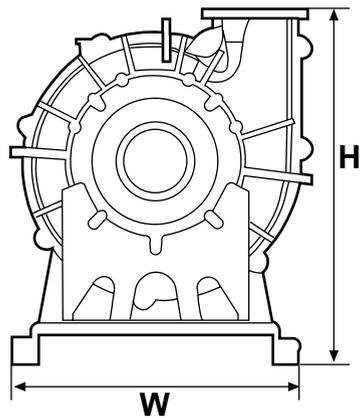
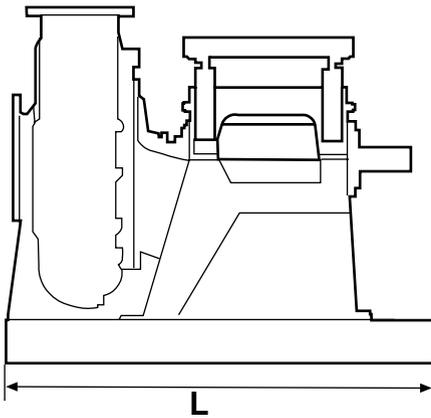


Модель	Впуск. патр. мм (дюйм)	Выпуск. патр. мм (дюйм)	H мм (дюйм)	L мм (дюйм)	W мм (дюйм)	Вес* т
XR300	300 (12)	250 (10)	1 340 (53)	1 827 (72)	940 (37)	3,0
XR350	350 (14)	300 (12)	1 727 (68)	1 808 (71)	1 110 (44)	4,2
XR400	400 (16)	350 (14)	1 881 (74)	1 980 (78)	1 240 (47)	5,3

*Вес с чистым валом

Транспор-
тировка
пульпы

Шламочный насос - VASA HD



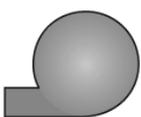
Модель	Впуск. патр. мм (дюйм)	Выпуск. патр. мм (дюйм)	H мм (дюйм)	L мм (дюйм)	W мм (дюйм)	Вес* т
VASA HD455-100	150 (6)	100 (4)	825 (33)	1171 (46)	610 (24)	0,9
VASA HD507-150	200 (8)	150 (6)	1 055 (42)	1 554 (61)	700 (28)	1,5
VASA HD7010-200	250 (10)	200 (8)	1 400 (55)	1 724 (68)	950 (37)	2,9

* Вес пустого вала

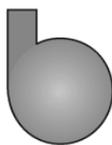
Рефулёрные насосы

Типоразмер насоса Дюймы	Крыльчатка насоса Дюймы	Палубные насосы						Подводные насосы		
		12 футов/сек Скорость		17 футов/сек Скорость		21 футов/сек Скорость		17 футов/сек Скорость		
		*GPM	**TPH	*GPM	**TPH	*GPM	**TPH	*GPM	TPH Min.	TPH Max.
4	18,00	480	17.6	680	39	830	62	N/A	N/A	N/A
6	24,00	1058	39	1 540	88	1 900	108	1 540	154	193
8	30,00	1880	69	2 650	151	3 280	246	2 650	265	332
10	36,40	2940	108	4 160	237	5 190	389	4 160	416	520
12	36,40	4230	155	6 000	342	7 390	553	6 000	600	750
14	36,40	5160	190	7 300	417	9 025	700	7 300	730	913
16	40,46	6830	250	9 600	547	12 000	899	9 600	960	1 200
18	46,00	8640	317	12 400	706	15 190	1137	12 400	1 240	1 550
20	46,52	10 820	397	15 400	877	19 000	1423	15 400	1 540	1 925
24	52,00	15 000	550	22 400	1 275	28 000	2097	22 400	2 240	2 800

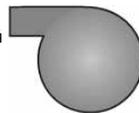
* Галлонов в минуту **Тонн в час крупнозернистого песка



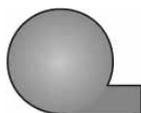
Левосторонний
Нижний выпуск
Левое вращение



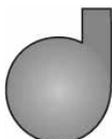
Левосторонний
Верхний вертикальный
выпуск
Левое вращение



Левосторонний
Верхний горизонтальный
выпуск
Правое вращение



Правосторонний
Нижний выпуск
Правое вращение

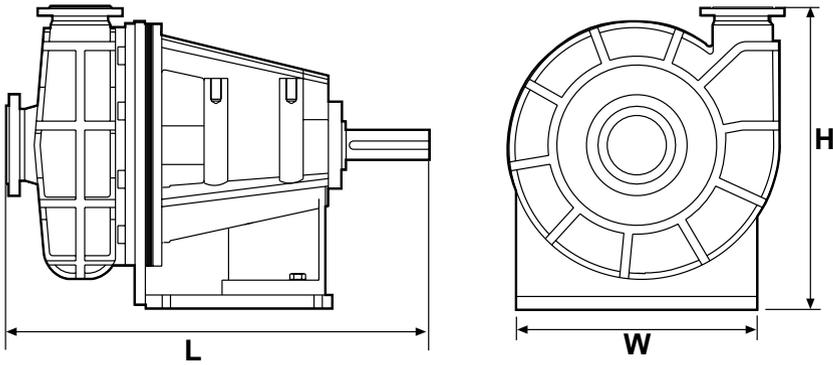


Правосторонний
Верхний вертикальный
выпуск
Правое вращение



Правосторонний
Верхний горизонтальный
выпуск
Левое вращение

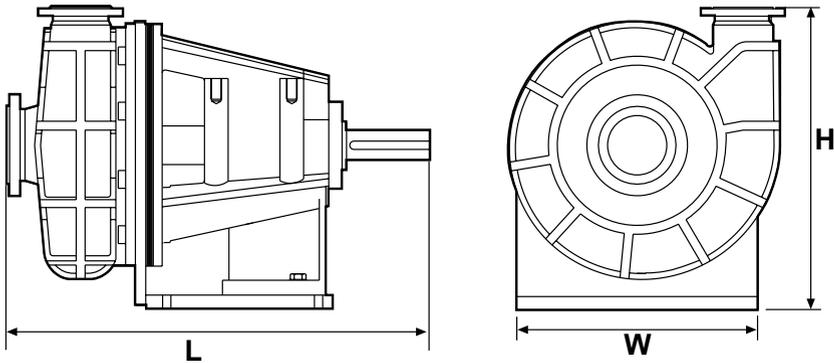
Шламовые насосы - HM



Модель	Соединение размеры				Общие размеры						Полный вес*	
	Впускное мм	Впускное дюймы	Выпускные мм	Выпускные дюймы	Н мм	Н дюймы	L мм	L дюймы	W мм	W дюймы	Двойная регулировка кг	Одиночная регулировка кг
HM50 ●	50	2	32	1,5	433	17	713	28	360	14	160	136
HM75 ●	75	3	50	2	438	17	734	29	360	14	200	161
HM100 ●	100	4	75	3	505	20	880	35	424	17	320	250
HM150 ●	150	6	100	4	630	25	1 025	40	545	21	550	440
HM200	200	8	150	6	855	34	1 258	50	686	27	1 220	1 010
HM250	250	10	200	8	1 030	41	1 463	58	830	33	2 040	1 660
HM300	300	12	250	10	1 150	45	1 591	63	1 000	39	2 850	1 900

*Вес пустого вала ● Эти насосы можно с полностью встраиваемые индуцированных вихревых крыльчатки

Шламовые насосы - HR

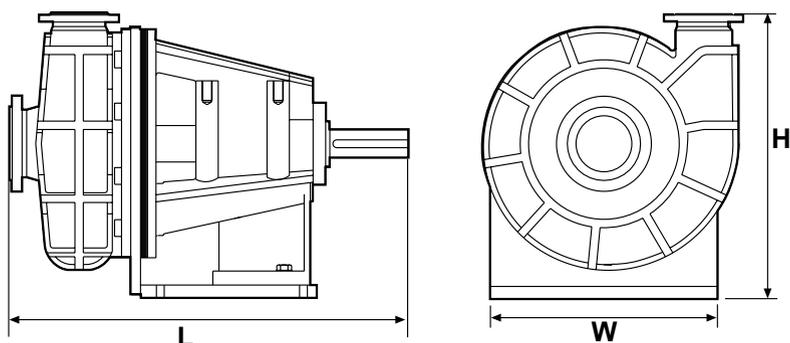


Модель	Соединение размеры				Общие размеры						Полный вес*	
	Впускное мм	Впускное дюймы	Выпускные мм	Выпускные дюймы	Н мм	Н дюймы	L мм	L дюймы	W мм	W дюймы	Двойная регулировка кг	Одиночная регулировка кг
HR50	50	2	32	1,5	428	17	709	28	360	14	180	397
HR75	75	3	50	2	463	18	729	29	360	14	220	145
HR100	100	4	75	3	555	22	913	36	424	17	330	270
HR150	150	6	100	4	713	28	1 097	43	545	21	630	510
HR200	200	8	150	6	965	38	1 295	51	686	27	1 250	1 065
HR250	250	10	200	8	1 125	44	1 550	61	830	33	2 110	1 715

*Вес пустого вала

Транспор-
тировка
пульпы

Шламовые насосы - MM

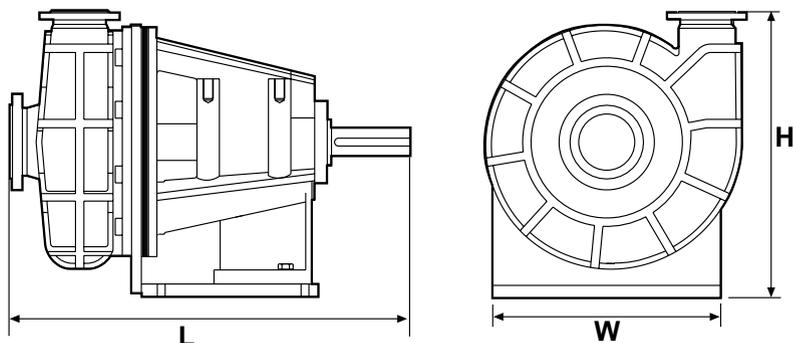


Модель	Соединение размеры				Общие размеры						Полный вес*	
	Впускное	Выпускные		H		L		W		Двойная регулировка	Одиночная регулировка	
	мм	дюймы	мм	дюймы	мм	дюймы	мм	дюймы	мм	дюймы	кг	кг
MM100	•100	4	75	3	454	18	730	29	360	14	230	170
MM150	•150	6	100	4	527	21	889	35	424	17	370	275
MM200	•200	8	150	6	710	28	1 073	42	545	21	650	525
MM250	250	10	200	8	885	35	1 245	49	686	27	1 350	1 095
MM300	300	12	250	10	1 055	42	1 483	58	830	33	2 150	1 775
MM350	350	14	300	12	1 080	43	1 527	60	830	33	2 300	1 960
MM400	400	16	350	14	1 250	49	1 620	64	1 000	39	3 000	2 105
MM500	500	20	450	18	1 726	68	2 180	86	1 110	44	—	5 980

*Вес пустого вала

• Эти насосы можно с полностью встраиваемые индуцированных вихревых крыльчатки

Шламовые насосы - MR

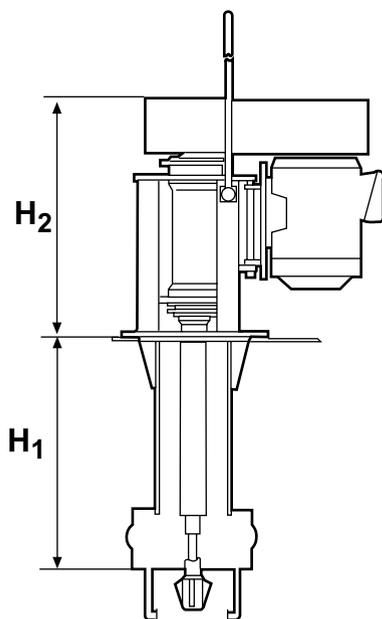
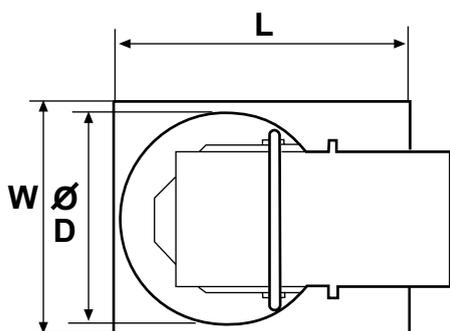


Модель	Соединение размеры				Общие размеры						Полный вес*	
	Впускное	Выпускные		H		L		W		Двойная регулировка	Одиночная регулировка	
	мм	дюймы	мм	дюймы	мм	дюймы	мм	дюймы	мм	дюймы	кг	кг
MR100	100	4	75	3	456	18	741	29	360	14	260	150
MR150	150	6	100	4	507	20	919	36	424	17	420	270
MR200	200	8	150	6	683	27	1 092	43	545	21	740	490
MR250	250	10	200	8	878	35	1 303	51	686	27	1 540	960
MR300	300	12	250	10	1 035	41	1 506	59	830	33	2 450	1 520
MR350	350	14	300	12	1 257	49	1 665	66	1 000	39	—	1 600
MR500	489	20	438	18	2 064	81	2 689	106	1 204	47	—	8 030

*Вес пустого вала

Транспортировка пульпы

Шламовые насосы – VS
(Вертикальные зумпфовые насосы)



Транспор-
тировка
пульпы

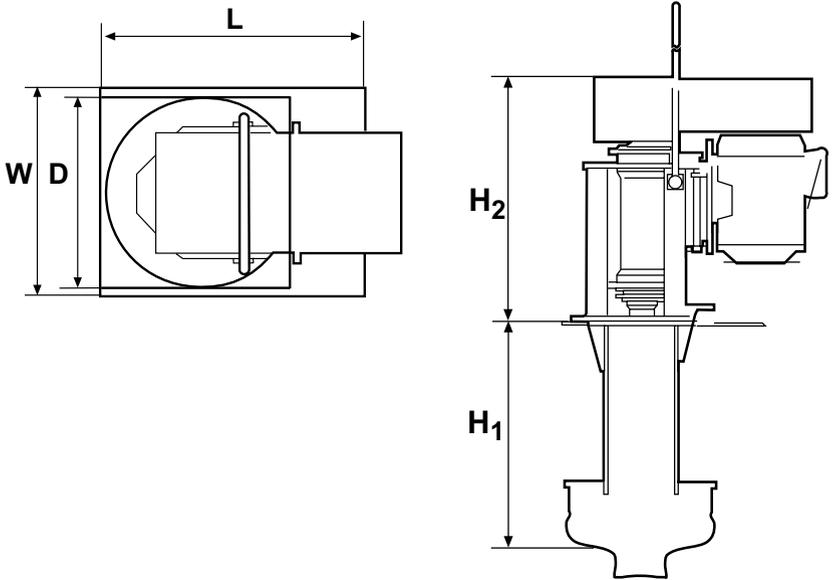
Модель*	H1 мм (дюйм)	H2 мм (дюйм)	L мм (дюйм)**	W мм (дюйм)**	Вес кг/фунт***
VS25 (1)	800 (32)	585 (23)	400 (15 3/4)Ø D		130/287
VS25 (1)	1200 (48)	865 (34)	530 (20 3/4)Ø D		350/772
VS25 (1)	1500(60)	865 (34)	530 (20 3/4)Ø D		375/827
VS25 (1)	1800 (72)	865 (34)	530 (20 3/4)Ø D		395/871
VS50 (2)	800 (32)	585 (23)	400 (15 3/4)Ø D		220/485
VS50 (2)	1200 (48)	865 (34)	530 (20 3/4)Ø D		480/1 058
VS50 (2)	1500 (60)	865 (34)	530 (20 3/4)Ø D		510/1 124
VS50 (2)	1800 (72)	865 (34)	530 (20 3/4)Ø D		540/1 190
VS80 (3)	800 (32)	870 (34 1/4)	530 (20 3/4)Ø D		435/959
VS80 (3)	1 200 (48)	975 (38 1/2)	565 (22 1/4)Ø D		545/1 202
VS80 (3)	1 500 (60)	975 (38 1/2)	565 (22 1/4)Ø D		580/1 279
VS80 (3)	1 800 (72)	975 (38 1/2)	565 (22 1/4)Ø D		615/1 356
VS100 (4)	8 00 (32)	850 (33 1/2)	530 (20 3/4)Ø D		465/1 025
VS100 (4)	1 200 (48)	960 (37 3/4)	565 (22 1/4)Ø D		575/1 268
VS100 (4)	1 500 (60)	960 (37 3/4)	565 (22 1/4)Ø D		610/1 345
VS100 (4)	1 800 (72)	960 (37 3/4)	565 (22 1/4) Ø D		645/1 422
VS150 (6)	1 200 (48)	965 (38)	565 (22 1/4)Ø D		680/1 499
VS150 (6)	1 500 (60)	1 285 (50 1/2)	800 (31 1/2)	800 (31 1/2)	1 415/3 120
VS150 (6)	1 800 (72)	1 285 (50 1/2)	800 (31 1/2)	800 (31 1/2)	1 470/3 241
VS200 (8)	1 200 (48)	1 285 (50 1/2)	800 (31 1/2)	800 (31 1/2)	1 675/3 693
VS200 (8)	1 500 (60)	1 285 (50 1/2)	800 (31 1/2)	800 (31 1/2)	1 725/3 803
VS200 (8)	1 800 (72)	1 285 (50 1/2)	800 (31 1/2)	800 (31 1/2)	1 775/3 913
VS250 (10)	1 500 (60)	1 420 (56)	800 (31 1/2)	800 (31 1/2)	2 200/4 850
VS250 (10)	1 800(72)	1 420 (56)	800 (31 1/2)	800 (31 1/2)	2 280/5 027
VS300 (12)	1 500(60)	1 420 (56)	800 (31 1/2)	800 (31 1/2)	2 745/6 052
VS300 (12)	1 800 (72)	1 420 (56)	800 (31 1/2)	800 (31 1/2)	2 825/6 228

*VS25 (1) = Вертикальный, зумпфовый; 25 = выпускное отверстие, мм; (1) = выпускное отверстие, дюйм

** D или LxW размер плиты основания насоса. Плита основания насоса также может поставляться с выпускным патрубком.

*** Значения веса даны для металлических деталей. Для резиновых деталей, значения веса нужно уменьшить на 10%

Шламовый насос – VSHM / VSMM / VSHR
(Вертикальные насосы для отстойников)



Типоразмер насоса	Выпуск мм (дюймы)	H* мм (дюймы)	D** мм (дюймы)	L доп. станины мм (дюймы)	W мм (дюймы)	Вес *** кг
VSHM50●	32 (1,25)	87 (34)	∅ 530 (20¾)	600 (23½)	600 (23½)	390/405/420
VSHR50	32 (1,25)	87 (34)	∅ 530 (20¾)	600 (23½)	600 (23½)	380/395/410
VSHM75●	50 (2)	87 (34)	∅ 530 (20¾)	600 (23½)	600 (23½)	(L120) 415
VSHM75●	50 (2)	98 (38)	∅ 565 (22¼)	600 (23½)	600 (23½)	(L150/180) 530/565
VSHR75	50 (2)	87 (34)	∅ 530 (20¾)	600 (23½)	600 (23½)	399/424/449
VSHM100●	75 (3)	98 (38)	∅ 565 (22¼)	750 (29½)	600 (23½)	535/565/605
VSHR100	75 (3)	98 (38)	∅ 565 (22¼)	750 (29½)	600 (23½)	555/585/625
VSHM150●	100 (4)	128 (50)	□800 (31½)	1 200 (47¼)	900 (35½)	1 314/1366/1418
VSHR150	100 (4)	128 (50)	□800 (31½)	1 200 (47¼)	900 (35½)	1 405/1460/1515
VSHM200	150 (8)	128 (50)	□800 (31½)	1 200 (47¼)	900 (35½)	1 650/1710/1770
VSHR200	150 (8)	128 (50)	□800 (31½)	1 200 (47¼)	900 (35½)	1 680/1740/1796
VSHM250	200 (10)	142 (56)	□800 (31½)	1 360 (53½)	1 220 (48)	2 310/2400/2480
VSHR250	200 (10)	142 (56)	□800 (31½)	1 360 (53½)	1 220 (48)	2 365/2455/2535
VSMM100●	75 (3)	87 (34)	∅ 530 (20¾)	600 (23½)	600 (23½)	430/465/500
VSMM150●	100 (4)	98 (38)	∅ 565 (22¼)	750 (29½)	600 (23½)	560/590/630
VSMM200●	150 (6)	128 (50)	□800 (31½)	1 200 (47¼)	900 (35½)	1 390/1445/1500
VSMM250	200 (10)	128 (50)	□800 (31½)	1 200 (47¼)	900 (35½)	1 720/1780/1840
VSMM300	300 (12)	142 (56)	□800 (31½)	1 360 (53½)	1 220 (48)	2 490/2570/2650
VSMM350	300 (14)	142 (56)	□800 (31½)	1 360 (53½)	1 220 (48)	- /2745/2825

*Длина корпуса (H1) может быть 120, 150, 180 см (48, 60, 72 дюймов) кроме VSMM350, для которого она может быть 150 и 180 см (60, 72 дюйма).

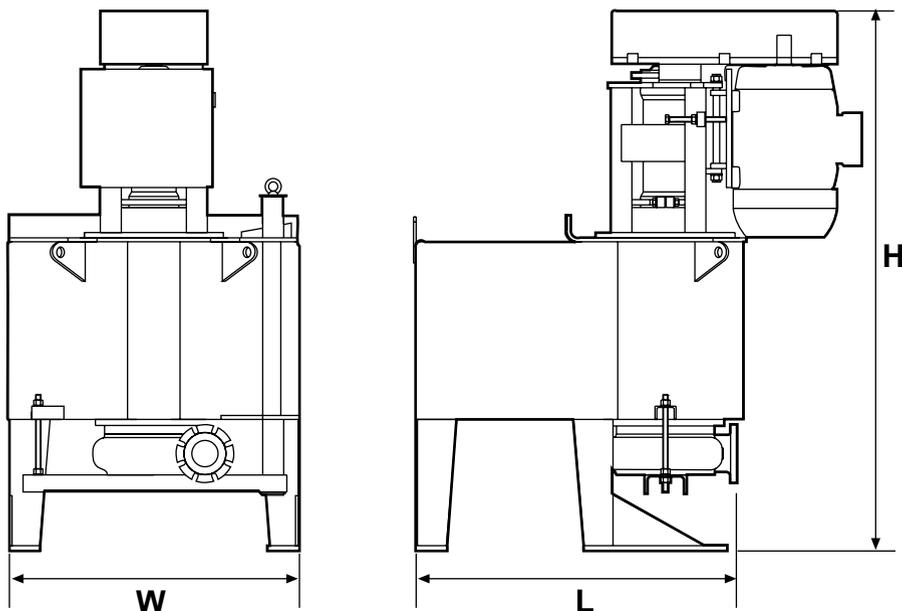
** ∅ или □ станина рамы подшипника. Также имеются опции больших по размеру станин или монтажных плит, включая выпускную трубу.

*** Значения веса приведены для металлических деталей и для различных длин рамы (L120 / L150 / L180).

● Эти насосы поставляются с полностью заглубленными канальными крыльчатками.

Транспор-
тировка
пульпы

Шламовые насосы – VT (Вертикальные баковые насосы)



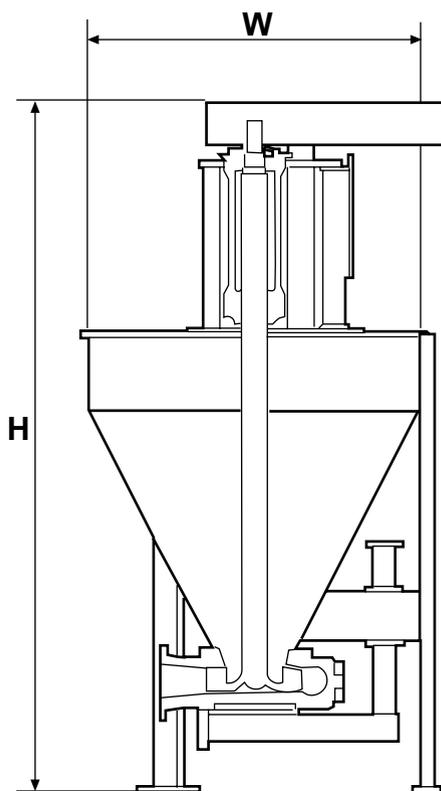
Модель	H мм (дюйм)	L мм (дюйм)	W мм (дюйм)	Вес**	Объем зумпфа
				кг/фунт	м ³ /US гал
VT 40 (1.5) lab	955 (37,5)	640 (25)	400 (16)	90/198	0,03/8
VT 40 (1.5)	1 030 (40,5)	740 (29)	610 (24)	110/243	0,06/16
VT 50 (2)	1 470 (58)	1 035 (41)	1 010 (40)	305/672	0,25/66
VT 80 (3)	1 880 (74)	1 015 (40)	1 060 (42)	580/1279	0,33/87
VT100 (4)	2 050 (81)	1 225 (48)	1 100 (43)	825/1819	0,57/150
VT150 (6)	2 160 (85)	1 285 (50,5)	1 100 (43)	925/2039	0,57/150
VT200 (8)	3 105 (122)	1 710 (67)	1 510 (59)	2 655/5853	1,26/333
VT 250 (10)	3 105 (122)	1 760 (69)	1 510 (59)	2 785/6140	1,26/333

*VT50 (2), VT = Вертикальный баковый, 50 (2) = размер выпускного отверстия мм (дюйм).

** Значения веса приведены для металлических деталей. Для резиновых деталей, значения веса необходимо уменьшить на 10%.

Транспор-
тировка
пульпы

Шламовые насосы – VF (Вертикальные пенные насосы)



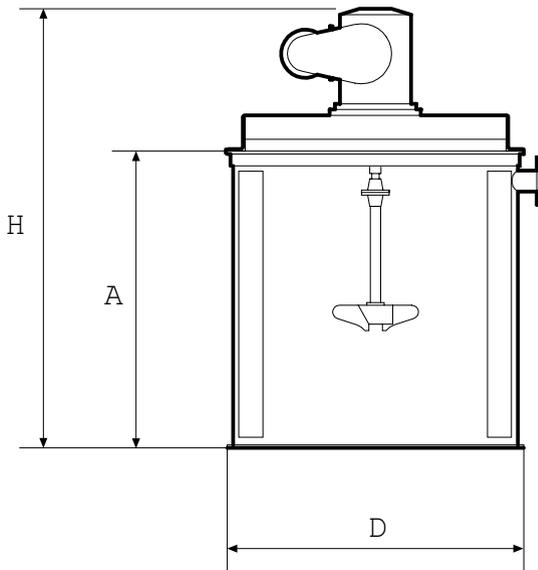
Модель	Н мм (дюйм)	W мм (дюйм)	Вес** кг/фунт	Объем зумпфа м ³ /US гал
VF50 (2)*	1 600 (63)	800 (31)	355/783	0,14/37
VF80 (3)	2 250 (88)	1 000 (39)	605/1 334	0,37/98
VF100(4)	2 700 (106)	1 400 (55)	975/2 150	0,82/217
VF150(6)	2 700 (106)	1 400 (55)	1 095/2 414	0,82/217
VF200(8)	3 760 (148)	1 850 (73)	2 700/5 952	2,30/607
VF250(10)	3 760 (148)	1 850 (73)	2 900/6 392	2,30/607
VF350(14)	4 500 (177)	2 150 (85)	5 555/12 245	3,50/925

*VF50 (2), VF = Вертикальный пенный, 50 (2) = размер выпускного отверстия мм (дюйм).

** Значения веса приведены для металлических деталей. Для резиновых деталей, значения веса необходимо уменьшить на 10%.

Транспор-
тировка
пульпы

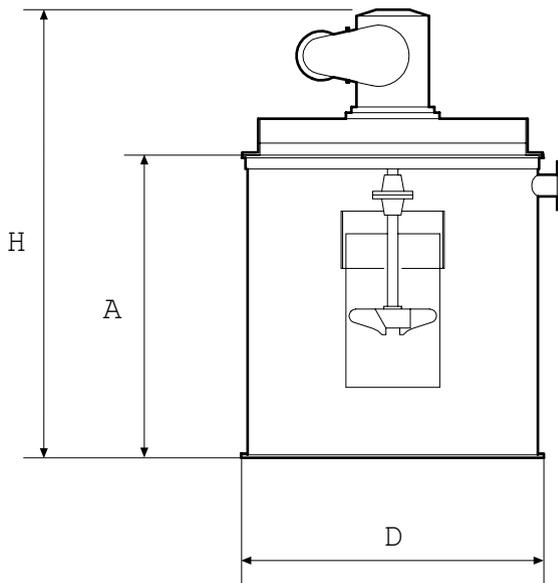
Перемешиватель (смеситель пульпы)



A мм (фут)	D мм (фут)	H мм (фут)
1,25 (4)	1,25 (4)	1,85 (6)
1,50 (5)	1,50 (5)	2,10 (7)
1,75 (6)	1,75 (6)	2,35 (8)
2,00 (7)	2,00 (7)	2,70 (9)
2,50 (8)	2,50 (8)	3,20 (10)
3,00 (10)	3,00 (10)	3,80 (12)
3,50 (11)	3,50 (11)	4,40 (14)
4,00 (13)	4,00 (13)	4,90 (16)
4,50 (15)	4,50 (15)	5,50 (18)
5,00 (16)	5,00 (16)	6,10 (20)
6,00 (20)	6,00 (20)	7,10 (23)
6,00 (20)	7,00 (23)	7,30 (24)
7,00 (23)	8,00 (26)	8,50 (28)
8,00 (26)	9,00 (30)	9,70 (32)
9,00 (30)	10,00 (33)	10,70 (35)
11,00 (36)	12,00 (39)	1)
12,00 (39)	14,00 (46)	1)

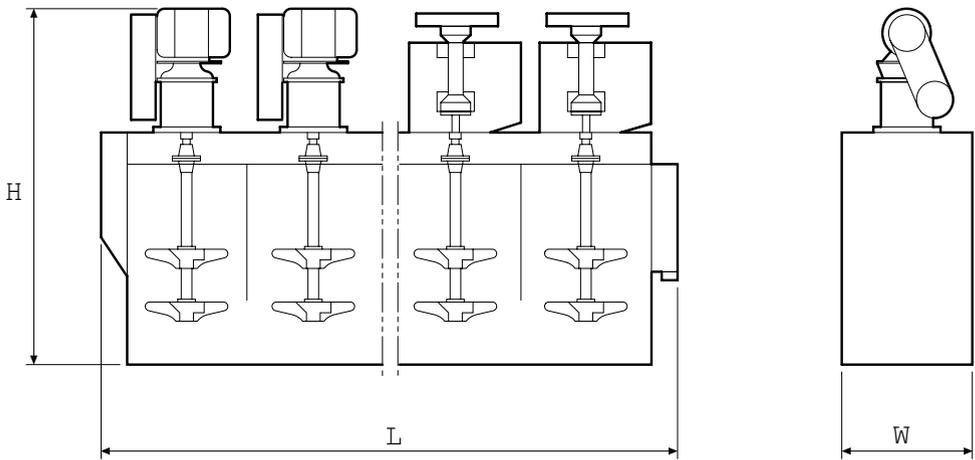
1) В результате монтажа двигателя, эти размеры могут измениться.

Кондиционирующий перемешиватель



A мм (фут)	D мм (фут)	H мм (фут)
1,25 (4)	1,25 (4)	1,85 (6)
1,50 (5)	1,50 (5)	2,10 (7)
1,75 (6)	1,75 (6)	2,35 (8)
2,00 (7)	2,00 (7)	2,70 (9)
2,50 (8)	2,50 (8)	3,20 (10)
3,00 (10)	3,00 (10)	3,80 (12)
3,50 (11)	3,50 (11)	4,40 (14)
4,00 (13)	4,00 (13)	4,90 (16)
4,50 (15)	4,50 (15)	5,50 (18)
5,00 (16)	5,00 (16)	6,10 (20)
6,00 (20)	6,00 (20)	7,10 (23)
6,00 (29)	7,00 (23)	8,30 (27)
7,00 (23)	8,00 (26)	9,50 (31)

Оттирочный скруббер



Модель	L		W	H	Вес/ камера [кг]
	2-камерный мм (фут)	4-камерный мм (фут)			
11x11 ¹⁾	795 (31)	1 385 (55)	1 975 (78)	300 (12)	100 (220)
16x16 ¹⁾	1 135 (45)	1 965 (78)	2 795 (110)	420 (17)	450 (992)
24x24 ¹⁾	1 660 (65)	2 915 (115)	4 165 (164)	630 (25)	650 (1 433)
32x32 ¹⁾	2 170 (85)	3 835 (151)	5 500 (217)	840 (33)	975 (2 150)
40x40 ¹⁾	2 690 (106)	4 775 (188)	6 860 (270)	1 050 (41)	1 500 (3 307)
40x40 ²⁾	2 690 (106)	4 775 (188)	6 860 (270)	1 050 (41)	2 000 (4 409)
48x48 ²⁾	3 250 (128)	5 735 (226)	8 220 (324)	1 250 (49)	2 800 (6 173)
56x56 ²⁾	3 895 (153)	6 785 (267)	9 670 (381)	1 450 (57)	3 750 (8 267)
64x64 ²⁾	4 415 (174)	7 705 (303)	10 900 (429)	1 650 (65)	4 650 (10 251)
72x72 ²⁾	4 915 (194)	8 625 (340)	12 330 (485)	1 860 (73)	5 500 (12 125)

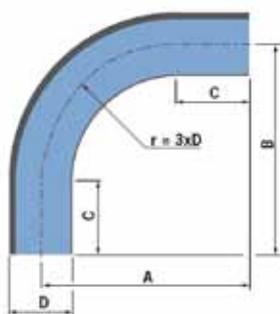
- 1) Клино-ременная передача (привод)
- 2) Редукторный привод

Транспор-
тировка
пульпы

Рукав Trellex® для транспортировки материала

Внутренний диаметр мм	Наружный диаметр дюймы	Наружный диаметр мм	Стандартная длина дюйма	Стандартная длина м	Износостойкая труба мм	Рабочее давление МПа	Минимальный радиус изгиба мм	Рукав для транспортировки пульпы кг/м
44	1.75	64	20	20	6	1.0	140	2.2
51	2.00	72	20	20	6	1.0	150	2.4
63	2.50	82	20	20	4.5	1.0	180	2.6
76	3.00	99.5	20	20	6	1.0	200	4.1
80	3.15	104	20	20	6	1.0	210	4.3
90	3.50	113	20	20	6	1.0	240	4.7
102	4.00	125	20	20	6	1.0	280	5.4
116	4.50	141	20	20	6	1.0	340	7
127	5.00	154	20	20	6	1.0	400	7.5
140	5.50	166	10	10	6	1.0	500	8.6
152	6.00	178	10	10	6	1.0	600	8.9
180	7.10	212	10	10	6	1.0	1000	12.6
190	7.50	224	10	10	7.5	1.0	1150	14.4
204	8.00	238	10	10	7.5	1.0	1300	16.2
240	9.50	281	10	10	7.5	0.5	1550	23.8
254	10.00	291	10	10	7.5	0.5	1600	21.3
305	12.00	341	10	10	7.5	0.5	1800	26.5
355	14.00	403	10	10	12	0.5	2200	40.8
405	16.00	456	10	10	12	0.5	2500	46.3
457	18.00	507	10	10	10.5	0.5	2900	55.2
508	20.00	558	10	10	12	0.5	3100	64.4
610	24.00	664	10	10	12	0.5	3700	87.7

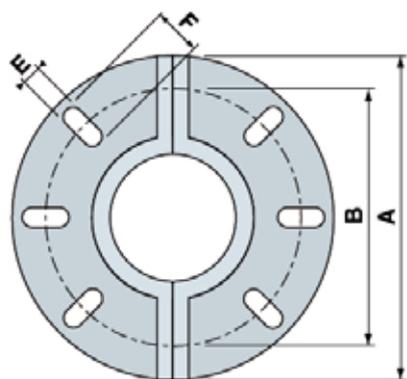
Колено Trellex® 3xD Bend



Транспор-
тировка
пульпы

Внутренний диаметр мм	Наружный диаметр мм	Износостойкая труба Внутренний радиус мм	Износостойкая труба Наружный радиус м	Рабочее давление МПа	A x B	C	r
51	72	5	7	1.0	260 x 260	105	155
63	82	5	7	1.0	285 x 285	105	180
76	99.5	6	8	1.0	335 x 335	105	230
102	125	6	8	1.0	455 x 455	150	305
116	141	6	8	1.0	510 x 510	160	350
127	154	6	8	1.0	570 x 570	190	380
152	178	6	8	1.0	670 x 670	215	455
204	238	7.5	10	1.0	890 x 890	275	615
254	291	7.5	10	0.5	980 x 980	215	765
305	341	7.5	10	0.5	1170 x 1170	255	915
355	403	12	16	0.5	1145 x 1145	295	850
405	456	12	16	0.5	1615 x 1615	400	1215

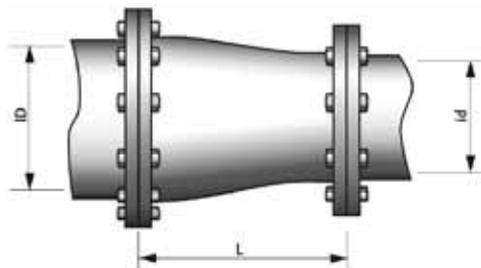
Муфты Trellex®



Размер муфты	Размеры			Отверстий на стык	Секц./ сегмент	Вес кг	Ответные фланцы		Рабочее давление, МПа	
	A мм	B мм	C мм				ExF мм	DIN 2632 PN 10		Ansi B16.1 класс 150
44	165	124	71	18x20	2	2	1.6	50	2"	1.0
51	165	124	91	18x20	2	2	1.8	50	2"	1.0
63	185	146	91	18x24	2	2	2.2	65	2.5", 3"	1.0
76	200	158	91	18x24	2	2	2.4	80	3"	1.0
80	200	158	91	18x24	2	2	2.5	80	3"	1.0
90	220	184	113	18x24	3	2	3.0	100	3.5", 4"	1.0
102	220	184	133	18x24	3	2	3.5	100	4"	1.0
116	250	213	143	23x26	3	2	4.5	125	5"	1.0
127	250	213	165	23x26	3	2	4.8	125	5"	1.0
140	285	238	175	23x27	3	2	5.9	150	6"	1.0
152	285	238	197	23x27	3	2	6.2	150	6"	1.0
180	308	260	217	23x26	3	2	7.5	-	-	1.0
190	343	295	237	23x26	3	2	10.2	200	8"	1.0
204	340	295	257	23x26	3	2	10.6	200	8"	1.0
240	406	355	197	25x31	5	2	11.0	250	10"	0.5
254	405	353	197	25x33	5	2	11.1	250	10"	0.5
305	476	401	237	25x30	5	2	18.4	300	-	0.5
1305*	495	424	237	25x40	5	2	21.4	-	12"	0.5
355	530	455	277	27x40	3	4	25.6	350	-	0.5
1355*	530	466	277	28x41	2	4	27.0	-	14"	0.5
405	600	521	400	27x51	3	4	45.4	400	16"	0.5
457	634	556	450	27x36	4	4	49.9	450	-	0.5
1457*	634	569	450	27x36	3	4	51.3	-	18"	0.5
508	698	621	500	27x44	4	4	61.7	500	20"	0.5
610	820	731	600	30x52	4	4	79.5	600	24"	0.5

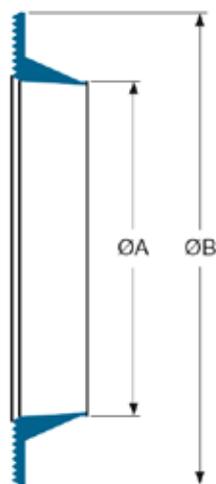
Транспор-
тировка
пульпы

Переходники Trellex®



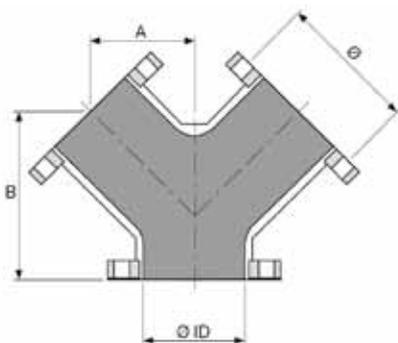
Износостойкая			
ID/id мм	труба мм	Рабочее давление МПа	Длина мм L
63/51	6	1.0	380
102/51	6	1.0	380
102/63	6	1.0	380
102/76	6	1.0	380
102/82	6	1.0	380
127/82	6	1.0	380
127/102	6	1.0	380
152/102	6	1.0	380
152/127	6	1.0	380
178/152	6	1.0	380
204/127	6	1.0	380
204/152	6	1.0	380
204/178	6	1.0	380
254/204	7.5	1.0	380
305/204	7.5	1.0	380
305/254	7.5	1.0	380
355/204	7.5	1.0	380
355/254	7.5	1.0	380
355/305	7.5	1.0	380

Прокладки Trellex®



Для внутреннего диаметра рукава	A мм	B мм
44	42	82
51	49	89
63	58	99
76	74	118
80	78	122
90	88	132
102	98	144
116	113	160
127	123	175
140	137	188
152	148	202
180	177	232
190	187	244
204	198	258
240	238	302
254	248	314
305	298	365
355	350	415
405	400	466
457	452	520
508	503	578
610	605	684

Тройники Trellex®



ID/id мм	A мм	B мм	асстояние между отверстиями	
			DIN мм	ANSI мм
102	107	184	180	7.00
127	125	216	210	8.25
152	140	241	240	9.25
204	187	323	295	11.50
254	226	390	350	14.00
305	268	463	400	16.00
355	320	550	460	18.50

Транспор-
тировка
пульпы

Введение

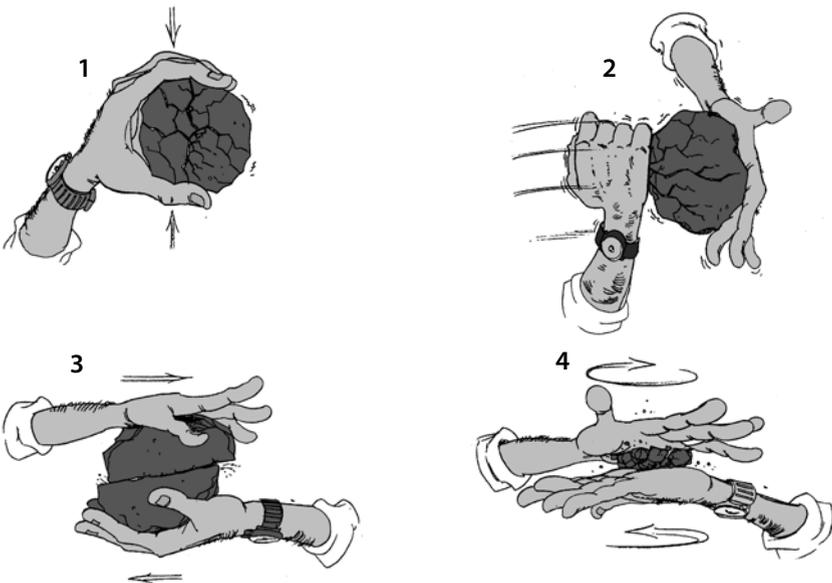
Процессы обогащения минералов неизбежно сопровождаются износом. А износ стоит денег. И часто больших денег. Это связано со строением горных пород, руд и минералов, которые, имея кристаллическую структуру, обычно отличаются и твердостью и абразивностью.

Откуда вообще возникает износ?

Причиной износа являются обычные силы, вызывающие напряжения в горной породе

- силы сжатия (1)
- силы удара (2)
- силы сдвига (3)
- силы трения (4)

в сочетании с твердостью минералов и энергией взаимодействия!



Эксплуатационный износ

причины

СЖАТИЕ	СОУДАРЕНИЕ с большой скоростью >7	СОУДАРЕНИЕ малой скоростью >7	СКОЛЬЖЕНИЕ
---------------	---	---	-------------------

МЕТАЛЛЫ
Марганцовистая сталь
Нихард Белый чугун Ni-Cr
Белый чугун с высок. содерж. Cr

средства защиты

ПОЛИМЕРЫ
Резина
Полиуретан
Керамика

Эксплуатационный износ

Износ, вызываемый сжатием

СЖАТИЕ	СОУДАРЕНИЕ с большой скоростью >7	СОУДАРЕНИЕ МАЛОЙ СКОРОСТЬЮ >7	СКОЛЬЖЕНИЕ
--------	--------------------------------------	----------------------------------	------------

МЕТАЛЛЫ

- Марганцовистая сталь
- Нихард
Белый чугун Ni-Cr
- Белый чугун с высок. содерж. Cr

Металлы и деформация сжатия

Марганцовистая сталь: Основной вариант защиты от износа, вызываемого деформацией сжатия, это использование марганцовистой стали. Этот сплав обладает совершенно особым свойством самоупрочнения и самовосстановления при воздействии больших сжимающих и ударных нагрузок. Стандартным является сплав с 14% Mn, который является основным вариантом защиты в большинстве задач дробления.

Сплав с 18 % Mn более твердый, но и более хрупкий, и используется в тех случаях, когда порода более мягкая, но очень абразивная (свойство самоупрочнения этого сплава ограничено).

Ограничения:
При использовании в задачах, где отсутствует деформационное самоупрочнение, срок службы сплава будет неудовлетворительным!

Следует избегать использования сплавов типа «белого чугуна» (с высоким содержанием хрома и нихарда) в дробилках, где эти сплавы могли бы подвергаться особо большому сжатию.

Применение:

Дробилки { Гиравационные
Конусные
Щековые

Износ, вызываемый соударением (с большой скоростью)

СЖАТИЕ	СОУДАРЕНИЕ с большой скоростью >7	СОУДАРЕНИЕ МАЛОЙ СКОРОСТЬЮ >7	СКОЛЬЖЕНИЕ
--------	--------------------------------------	----------------------------------	------------

МЕТАЛЛЫ

- Марганцовистая сталь
- Нихард
Белый чугун Ni-Cr
- Белый чугун с высок. содерж. Cr

Металлы и ударная деформация

Сплавы металлов можно разбить на классы:

Марганцовистые: Для самоупрочнения требуют очень большой энергии удара. Если энергия удара уменьшается, а скольжение увеличивается, марганцовистые сплавы становятся неподходящими.

Высокохромистые: В противоположность марганцовистым, могут работать в тяжелых условиях скольжения, но являются более хрупкими и, поэтому, имеют ограничения в отношении удара.

Нихард: Нечто среднее между двумя вышеописанными классами сплавов.

Cr-Mo: Используются при измельчении, когда высокохромистые сплавы не подходят из-за высокой хрупкости

Примечание! Расширяется применение хромистой стали (менее хрупкой, чем хромистый чугун) для футеровок, фартуков, и молотов

Применение:

Молотковые дробилки { HSI
VSI

Мельницы измельчения
Шламовые насосы

Износ, вызываемый соударением (с малой скоростью)

СЖАТИЕ	СОУДАРЕНИЕ с большой скоростью >7	СОУДАРЕНИЕ малой скоростью >7	СКОЛЬЖЕНИЕ
	<p>Резина и ударные деформации</p> <p>При соударениях с малой скоростью (скорость материала менее 7 м/с) в первую очередь всегда выбирают SBR, резину из бутадиенстирольного каучука (твердость 60 по Шору А), что дает наибольшую рентабельность. Этот материал также очень устойчив в отношении крупности зерен, и с успехом может использоваться в мельницах измельчения, самосвалах и первичных бункерах.</p> <p>Ограничения: Недопустим контакт резины с ароматическими углеводородами и топливными маслами. Следует также учитывать углы соударения, см. стр. 9:4.</p>		<div data-bbox="793 314 1072 683"> <p>ПОЛИМЕРЫ</p> <p>Резина</p> <p>Полиуретан</p> <p>Керамика</p> </div> <p>Применение: Самосвалы, питающие бункеры, перевалочные пункты, мельницы измельчения, шламовые насосы</p>

Износ при скольжении

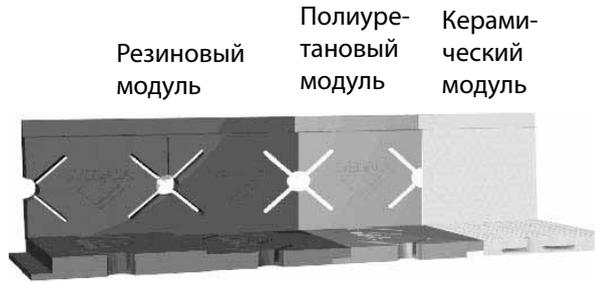
СЖАТИЕ	СОУДАРЕНИЕ с большой скоростью >7	СОУДАРЕНИЕ малой скоростью >7	СКОЛЬЖЕНИЕ
			<div data-bbox="766 969 1046 1338"> <p>ПОЛИМЕРЫ</p> <p>Резина</p> <p>Полиуретан</p> <p>Керамика</p> </div> <p>Применение: Желоба, лотки</p>
	<p>Резина и скольжение</p> <p>Резина из натурального каучука - это прекрасный вариант защиты от абразивного воздействия скользящих мелких, твердых и острых зерен. Она также подходит для применения в мокрых процессах.</p> <p>Ограничения: Если скорость скольжения превышает 7 м/с (в сухом процессе), то может начаться подъем температуры, что приведет к повреждению резины. Кроме температуры, опасным фактором всегда является масло.</p>		
			<p>Полиуретан и скольжение</p> <p>Наилучший материал для тяжелых условий скольжения, когда крупность частиц менее 50 мм. Превосходно показывает себя в мокрых процессах. Устойчив к химическим соединениям и маслам.</p> <p>Ограничения: Большая крупность зерен и высокие скорости могут создавать проблемы.</p>
			<p>Керамика и скольжение</p> <p>Керамика - естественная альтернатива, когда задача оказывается чересчур тяжелой для вышеупомянутых материалов. Твердость, температурная и коррозионная стойкость, плюс малый вес делают ее непревзойденным материалом для защиты от износа в условиях скольжения.</p> <p>Al₂O₃ (оксид алюминия) является наиболее рентабельным материалом.</p> <p>Ограничения: Удары опасны для керамики, и их следует избегать. Выходом из положения может послужить сочетание «керамика + резина». Состав керамики и качество могут варьировать от поставщика к поставщику.</p>

Эксплуатационный износ

Эксплуатационный износ

Защита от износа – Изнашиваемые элементы

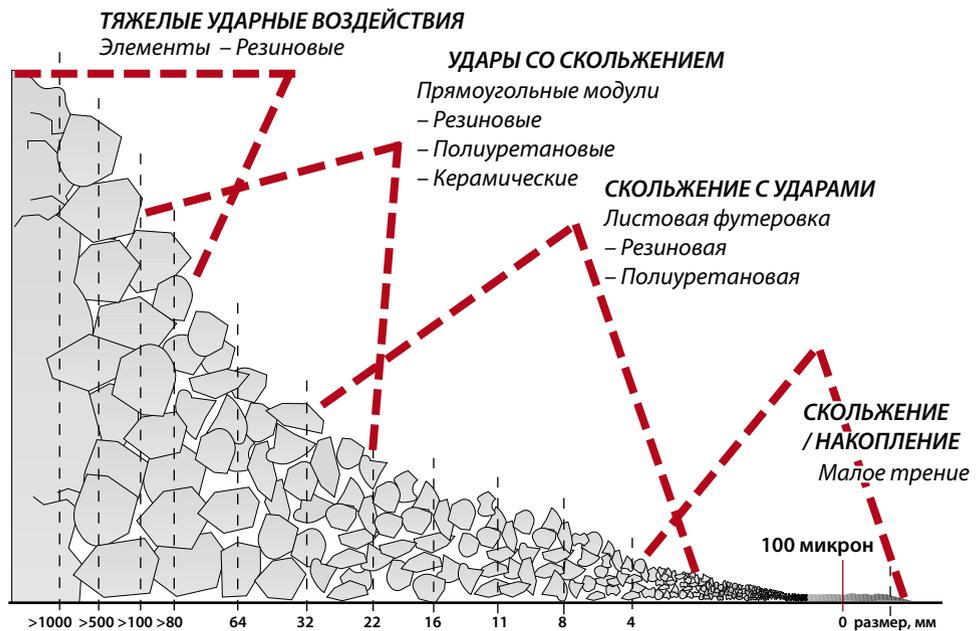
Листы, элементы и профили



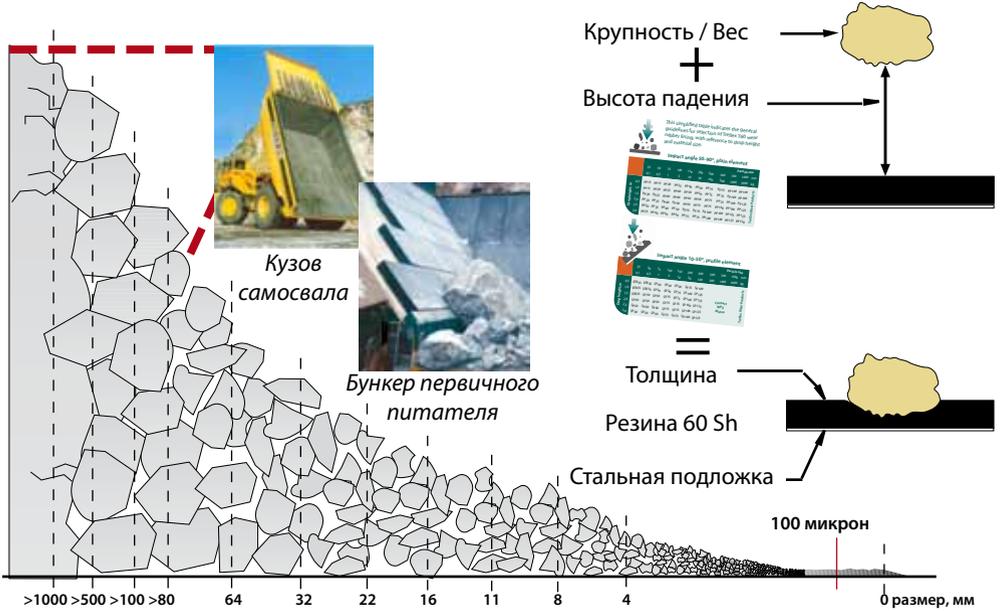
Системы футеровки, спроектированные индивидуально для заказываемой машины



Изнашиваемые элементы – Применение



Тяжелые ударные воздействия – Выбор защиты



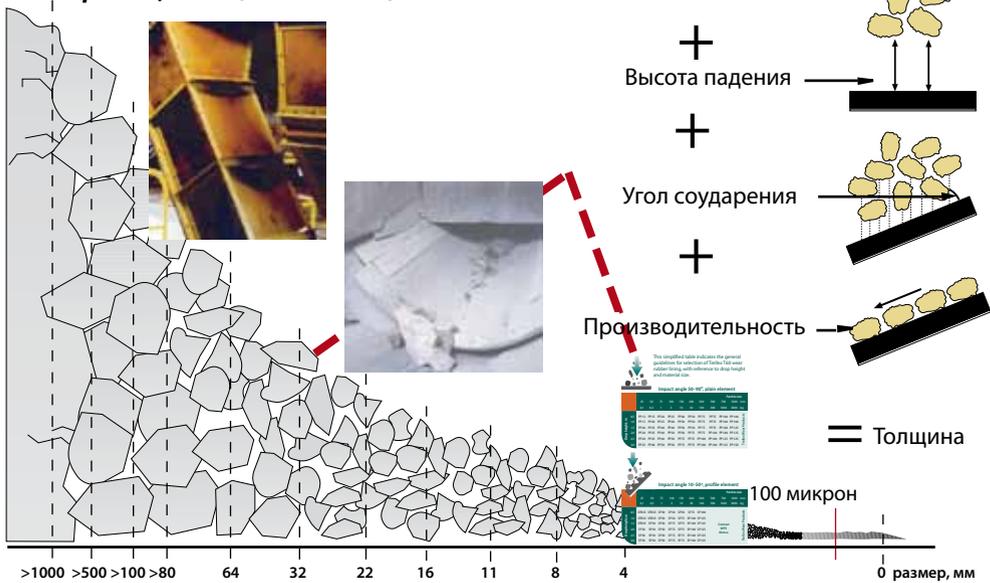
Ударные воздействия со скольжением – Выбор защиты (модульной)



Эксплуатационный износ

Эксплуатационный износ

Ударные воздействия со скольжением – Выбор защиты (листовой)

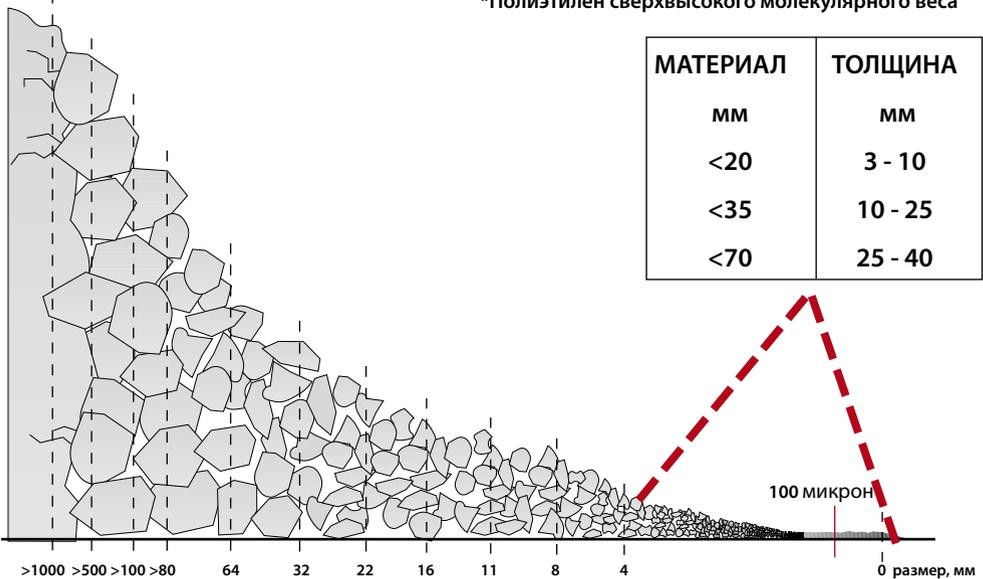


Скольжение с накоплением материала – Выбор защиты

Элементы малого трения – UHMWPE*

*Полиэтилен сверхвысокого молекулярного веса

Эксплуатационный износ



Защита от износа – Изнашиваемые детали

Изнашиваемые детали – Грохочение

Самоподдерживающиеся панели из резины



Натяжные маты из резины и полиуретана



Прикрепляемые болтами панели из резины и полиуретана



Маты из резины, предотвращающие засорение



Модульные системы из резины/полиуретана



Изнашиваемые детали – Измельчение

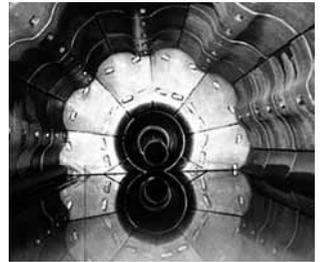
Футеровка из резины



Футеровка Poly-Met™



Металлическая футеровка

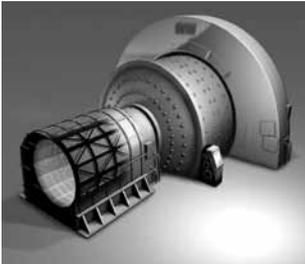


Эксплуатационный износ

Футеровка Orebed™



Барабанные грохоты

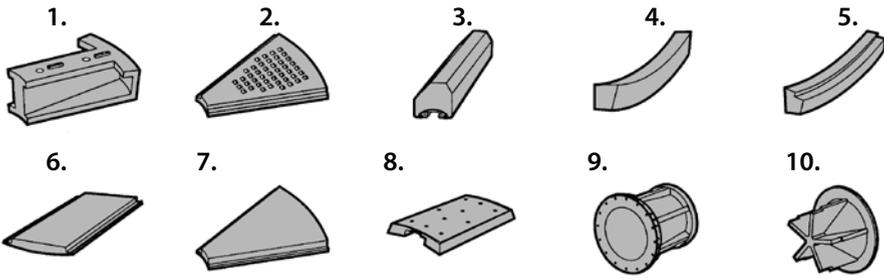


Системы разгрузки



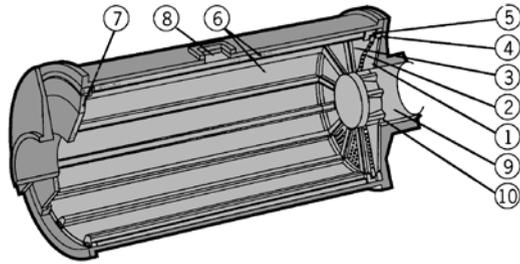
Эксплуатационный износ

Барabanная мельница – Элементы футеровки



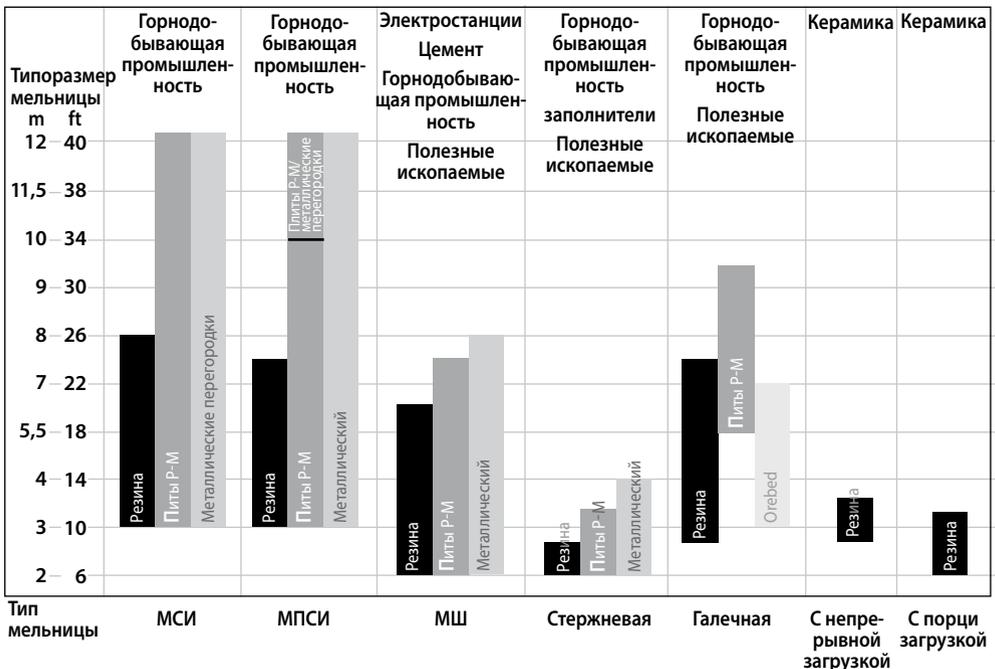
Срок службы футеровки –
Стандартная футеровка
(примерные цифры)

Тип мельницы	Месяцев
МСИ	12 – 24
МПСИ	3 – 12
Стержневая	6 – 24
Шаровая	6 – 36
Галечная	12 – 48



Футеровки для мельниц*

Тип индустрии

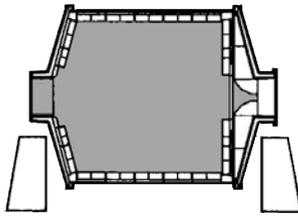
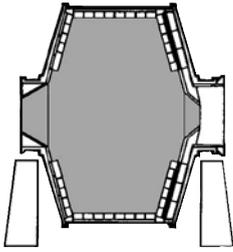


Разгрузочные системы, вкладыши цапф и барабанные грохоты подходят для всех типоразмеров.

* Приведён общий обзор подходящих футеровок. За более подробной информацией обращайтесь в Metso.

Футеровка барабанных мельниц – Материал

Мельницы AG и SAG



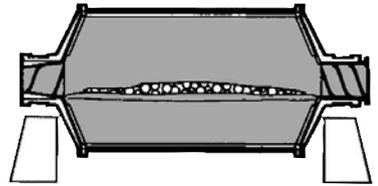
Сух.: Металл
(бел.чугун 700 Брин.)

Сух.: Металл
(Cr-Mo 350 Брин.)

Мокр.: Металл
(бел.чугун 700 Брин.)
или Poly Met (700 Брин.)

Мокр.: Металл
(Cr-Mo 350 Брин.)
или Poly Met 500 Брин.)

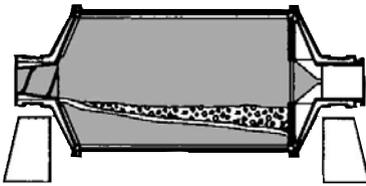
Стержневые мельницы



Сух.: Металл
(бел.чугун 700 Брин.)

Мокр.: Металл
(бел.чугун 700 Брин.)
Резина и Poly Met,
(Poly Met на крышках
мельницы)

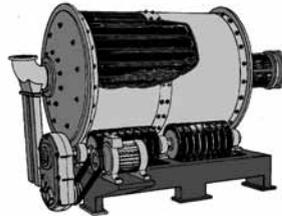
Шаровые и галечные мельницы



Сух.: Металл (или резина, если температура не критична)

Мокр.: Резина (Вторичное измельч. или доизмельчение)
Poly Met (700 Брин.)

Мельницы SRR



Сух.-стержн.: Металл

Сух.-шаров.: Металл (или резина, если температура не критична)

Мокр.-стержн.: Металл

Мокр.-шаров.: резина

Мельницы VERTIMILL® – Футеровка

Шнек – Металл с футеровкой из нихарда
Камера – Магнитная футеровка Orebed



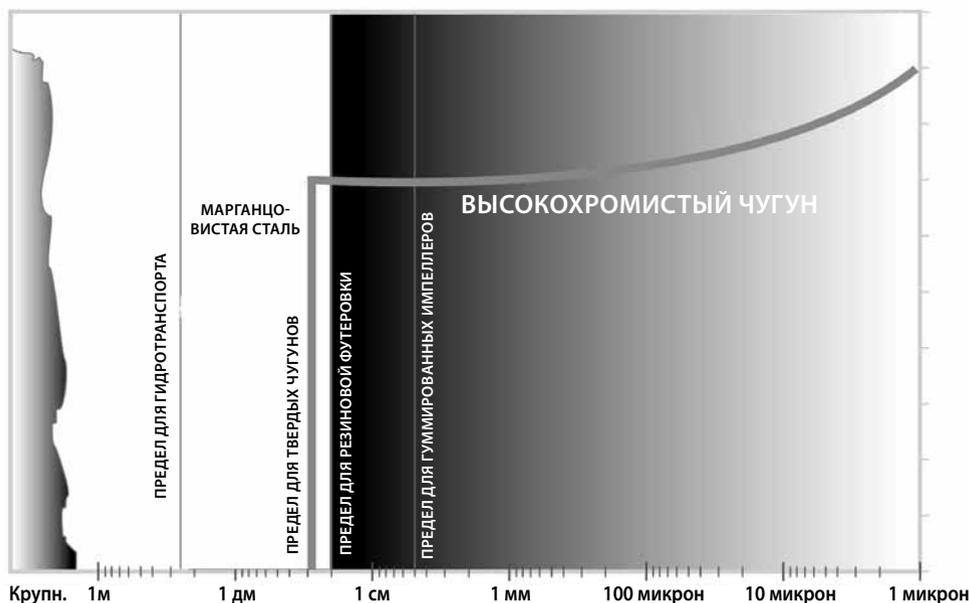
Эксплуатационный износ

Изнашиваемые детали в шламовых насосах

Хотя крупность твердых фракций в пульпе меньше, чем крупность питания, поступающего в дробилку или мельницу измельчения, износ приводит к высоким эксплуатационным затратам, связанным с перекачкой пульпы. Естественно, это связано с большой динамической энергией, которая подводится к пульпе в виде высокой окружной скорости рабочего колеса насоса, вызывающей износ, как вследствие скольжения, так и вследствие соударений.



Материалы, применяемые для изнашиваемых деталей в зависимости от крупности зерен пульпы



Материалы для изнашиваемых деталей насосов – Металлы

Высокохромистый чугун (600 Брин.) может использоваться до значений рН 2.5. Стандартный материал компенсации износа в большинстве серий насосов.

Нихард с твердостью, превышающей 600 по Бринеллю, используется, главным образом, как материал для корпусов насосов в цепях измельчения или землечерпания.

Нихард высокой плотности, кристаллизованный при сильном переохлаждении, с твердостью до 900 Брин. используется в качестве корпусного материала в цепях первичного измельчения.

Марганцовистая сталь с твердостью до 350 Брин. используется для задач землечерпания.

Материалы для изнашиваемых деталей насосов – Эластомеры

Материал	Физические свойства		Химические свойства			Тепловые свойства	
	Макс. окружн. скор. импеллера (м/с)	Износостойкость	Горяч. вода, разбавл. кислоты	Крепкие и разъедающие кислоты	Масла, углеводороды	Макс. рабочая темпер. (°C) Непрерывн. Изредка	
Натуральные каучуки	27	Очень хорош.	Отличн.	Удовл.	Плох.	(-50) до 65	100
Хлоропрен 452	27	Хорош.	Отличн.	Удовл.	Хорош.	90	120
EPDM 016	30	Хорош.	Отличн.	Хорош.	Плох.	100	130
Бутил	30	Удовл.	Отличн.	Хорош.	Плох.	100	130
Полиуретан	30	Очень хорош.	Удовл.	Плох.	Хорош.	(-15) 45-50	65

Немного о керамической футеровке

Несмотря на то, что керамические материалы обладают высокой износостойкостью, термостойкостью и стойкостью к большинству химических соединений, они так и не стали рядовыми, стандартными материалами для шламовых насосов.

Все дело в их хрупкости и дороговизне изготовления.

Исследовательские работы по керамическим материалам продолжаются, с целью сделать их более пригодными для применения.



Процессы износа в пульпопроводах

Непросто сравнивать скорость износа различных материалов в пульпопроводах в зависимости от изменения условий применения. В качестве ориентира можно использовать приведенные ниже значения (Отчет Лаборатории Транспортных и Дорожных Исследований по исследованиям износа в пульпопроводах).

Первая из двух программ исследований износа дала следующие результаты:

- В исследованном диапазоне (от 2 до 6 м/с) износ по мощности изменялся в диапазоне от квадрата до куба скорости.
- В исследованном диапазоне (от 5 до 15% по объему) износ изменялся более или менее линейно в зависимости от концентрации.
- В исследованном диапазоне (от 0,015 до 1,5 мм) износ изменялся более или менее линейно в зависимости от крупности частиц.
- Корунд (твердость по шкале Мооса от 8 до 9) производил износ в несколько раз интенсивней, чем кварцевый песок (твердость по шкале Мооса от 6 до 7).

Во второй программе рабочие условия были постоянными (скорость 4 м/с, 10% пульпы), а сравнение производилось между 18 различными материалами труб. Среди них, три материала были резиной "а" (Trellex T40) - резиной "б" (Trellex T60) и резиной "с" (Британская марка).

Материал	Скорость износа (мм/год)	Ожидаемый срок службы трубы толщиной 5 мм (годы)
Резина "а" (Trellex T40)	0.13	38
Керамика из циркониевого корунда	0.15	33
Нихард	0.19	26
Полиуретан "а"	0.20	25
Полиуретан "б"	0.22	22
Резина "б" (Trellex T60)	0.35	14
Спеченный глинозём	0.40	12
Резина "с" (не Trellex)	0.61	8
Полиуретан высокой плотности "б"	0.67	7
ПВХ высокой плотности	0.87	5
Непластифицированный ПВХ	1.27	4
Сталь нержавеющая	1.29	4
Сталь мягкая "а"	1.57	3
Полипропилен	1.59	3
Сталь мягкая "б"	1.69	3
ABS	2.52	2
Асбест/цемент	94.68	-

Производство и экология – Введение

С точки зрения экологии, охраны здоровья и безопасности, большинство операций при обогащении минералов отрицательно сказываются на состоянии окружающей среды рабочей площадки.

Основные проблемы связаны с

- Пылью (в сухих установках)
- Шумом (в мокрых и сухих установках)
- Загрязнением окружающей среды (иные выбросы, кроме пыли, попадающей в воздух и воду)

Что касается загрязнения воды и воздуха различными выбросами, то здесь следует обращаться к разделам 5 и 6, посвященным технологическим процессам обогащения и доводки.

Пыль

Пыль - Размер частиц

Когда к каменному материалу, руде или кристаллам минералов подводится энергия, всегда происходит образование пыли и ее выброс. На практике, при обогащении минералов, под «пылью» понимают частицы, размер которых меньше 100 микрон. Сухие частицы, крупнее этого размера, легко управляемы и вполне безопасны.

Пыль - Химический состав

Интерес представляет химический состав пыли. Каменный нерудный материал во многих случаях опасен из-за наличия в нем двуокиси кремния.

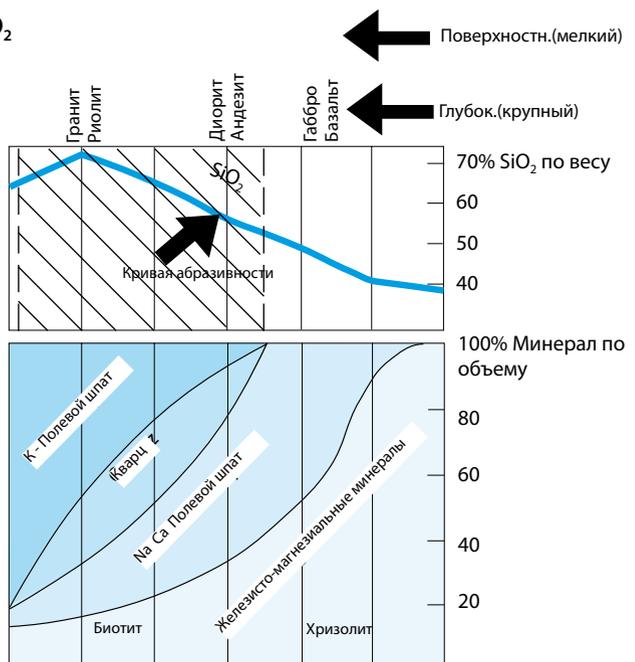
Свободный кварц (SiO₂) крайне опасен, и столь же опасны породы, его содержащие, такие как граниты, гнейсы и др., см. нижеприведенный рисунок. Мелкодисперсная двуокись кремния может вызывать силикоз - опасное легочное заболевание. Силикат магнезия, типа асбеста, также очень опасен при вдыхании, вызывая рак легких.

В связи с тем, что многие силикаты твердые и абразивные, такие составляющие пыли при попадании в подшипники, двигатели и т.п. также приводят к сильному износу оборудования.

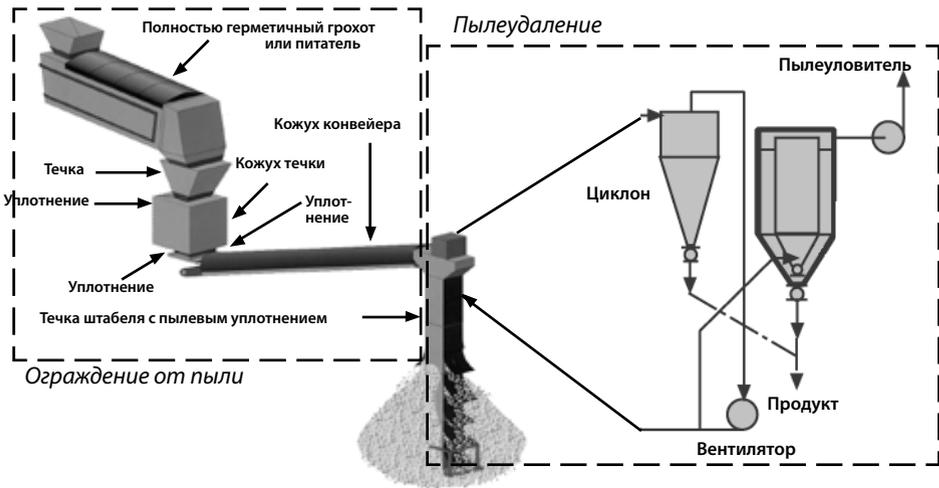
Пыль – содержание SiO₂

Составляющие пыли другой природы (не двуокись кремния) обычно не столь опасны для операторов, и большей частью создают проблемы, связанные с поддержанием чистоты и порядка.

Содержание SiO₂ в магматических породах



Борьба с пылью – Основы

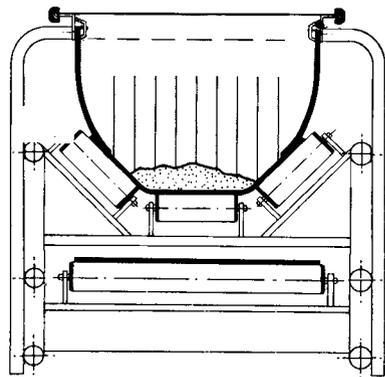


Некоторые рекомендации:

1. Путем пылеподавления или посредством ограждений сделайте так, чтобы пыль оказалась в потоке материала.
2. Подавление пыли посредством воды или пены дешево и доступно, но так можно решить вопрос только с крупной пылью. Проблема мелкодисперсной пыли будет оставаться. Если использовать слишком много воды, эта пыль превратится в липкую глину, что будет приводить к простоям в работе, а в холодном климате, и к замерзанию.
3. Ограждения машин работают очень эффективно при условии, что оболочкой закрывается только та часть машины, которая является источником пыли, а не приводы или иные части. Ограждения также очень эффективны для предотвращения сдувания мелочи с конвейеров ветром, и для закрывания мест перевалки материала, см. ниже.
4. Пылеудаление посредством вентиляции используется, когда сама пыль является производимым продуктом (сухое измельчение фракций заполнителя), или, когда недопустимо проникновение пыли в конечный продукт или в технологическую систему, см. ниже вентиляционный показатель.



Ограждение оборудования



Противоветровое ограждение

Критерии вентиляции

Скорость захвата пыли в м/с (фут/мин)
 = Вентиляционный показатель (Vc) в м³/с/м² (фут³/мин/фут²)
 = Объем забираемого воздуха, приходящийся на площадь открытой поверхности ограждения.

Расчет вентиляционных систем применительно к удалению пыли это сложный процесс. Ниже приведены некоторые ориентировочные цифры:

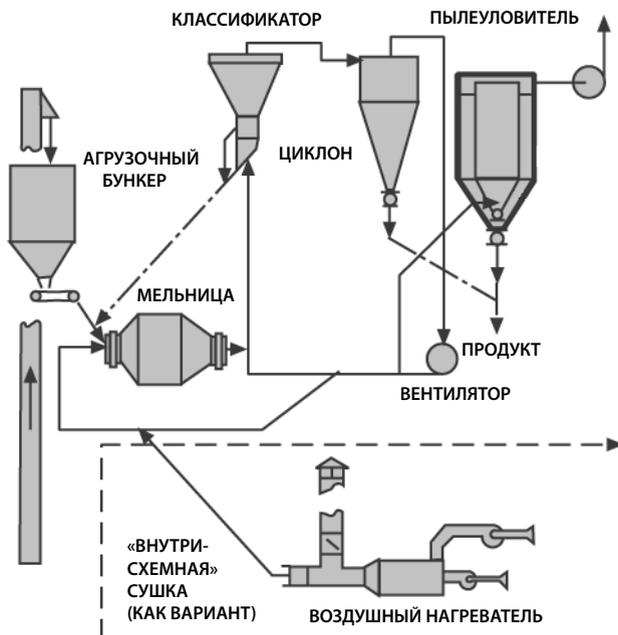
Применение	Vc	Комментарии
Питатели, отверстия	1,02 (200)	Типичное значение для энергосберегающих решений
Места перевалки	2,33 (1500)	Из расчета на площадь поверхности ограждения
Грохоты	0,26 (50)	Из расчета на площадь сит
Дробилки и сухие мельницы	1,5 (300)	Не для воздушоструйных мельниц

Пылеулавливание

Системы пылеудаления и пылеулавливания очень похожи на обычную схему сухой классификации. Система сухой классификации по сути и есть система пылеудаления, в которой классификатор управляет максимальной крупностью пыли (или вентиляционным показателем), см. ниже.

Первичное извлечение пыли обычно выполняется в циклоне, который играет главную роль. Окончательный сбор осуществляется в мокром газоочистителе (скруббере) или тканевом фильтре.

Мокрый газоочиститель имеет преимущество перед тканевым фильтром, когда пыль легковоспламеняющаяся. Во всех иных случаях, сухая тканевая фильтрация более эффективна, так как не требуется работать с пульпой (чем приходится заниматься в случае с мокрым газоочистителем).



Производство и экология

Шум

Общие сведения

На горно-обогатительных фабриках имеется ряд машин, которые считаются очень шумящими (дробилки, грохоты и измельчающие мельницы - вот типичные примеры). По определению, шум - это «нежелательный звук». Так как звук - это изменения звукового давления воздуха, мы должны определить уровень звукового давления, который может переносить оператор. Шум вреден не только для слуха, но также влияет на сердечную деятельность и способность концентрировать внимание. Он также ограничивает возможности речевого общения, нарушает слышимость предупреждающих сигналов и влияет на оценку опасных ситуаций.

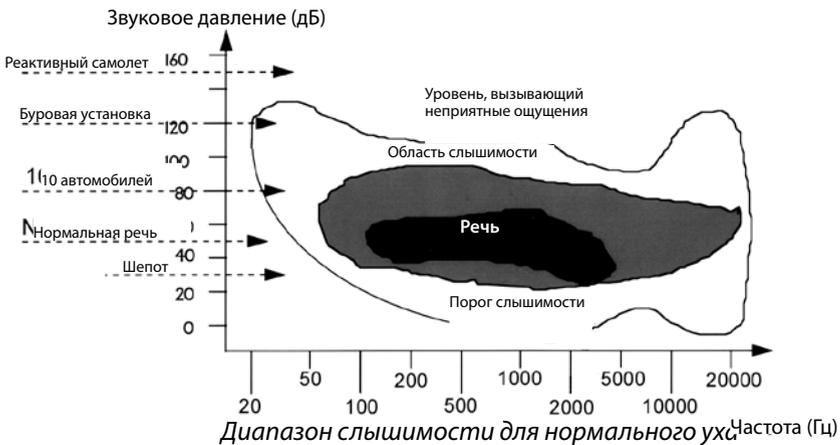
Звук – основные понятия

Диапазон величин звукового давления, воспринимаемых человеком, от самого тихого звука порога слышимости до самого громкого, соответствующего болевому порогу, составляет от 0,00002 Па (2 мПа) до 20 Па. (1 psi = 6,89 кПа).

На практике, величины звукового давления переводят в уровни громкости звука по следующей формуле:

$L_p = 20 \times \log P/P_0$ ($P_0 = 2 \text{ мПа}$), при этом вышеприведенному диапазону амплитуд соответствует диапазон уровней громкости 0-120 дБ (децибел)!

Звуковые ощущения	изменение в дБ
Удвоение уровня громкости	+ 10dB
Два источника звука	+ 3 dB
Двойное расстояние до источника звука	- 6 dB



Нижний предел называется порогом слышимости, при этом максимум чувствительности располагается около 3500 Гц (резонансная частота уха). Верхняя линия - это линия звукового давления 120 дБ (болевой порог).

Механический шум измеряется в дБ (А), где А указывает на то, что при измерении используется А-фильтр, подавляющий низкие частоты (менее вредные для операторов).

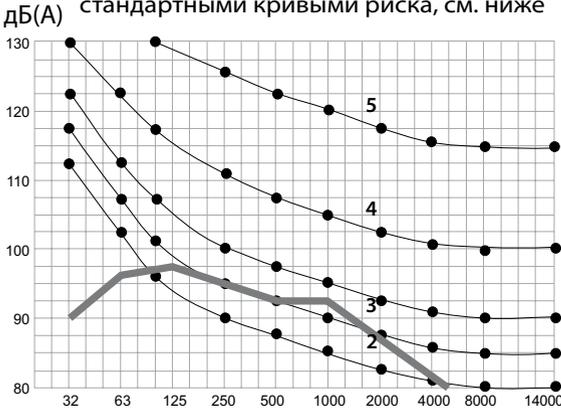
Инфразвук это звук с частотой ниже 22 Гц. (Может быть вреден при длительном воздействии).

Ультразвук это звук с частотой выше 18 кГц. (Может быть вреден при длительном воздействии).

Шум – нормы времени воздействия

Непрерывный звук с широким частотным спектром, и уровнем громкости ниже 85 дБ(А) считается неопасным для слуха, и допускается его воздействие на оператора в течение 8 часов в день.

Если уровень громкости выше, то необходим амплитудно-частотный анализ шума с шагом через октаву. Полученную кривую сравнивают со стандартными кривыми риска, см. ниже



Максимально допустимое время воздействия за 8 часов:

- 5. Не более 5 мин
- 4. Не более 20 мин
- 3. 1 - 2 ч
- 2. 2 - 5 ч
- 1.5 - 8 ч

— = средняя частота в интервале октавы (Гц). (На расстоянии 1 м от молотковой дробилки).

Снижение шума

Есть 4 основных способа снизить уровень шума технологических систем, включая дробилки, мельницы и грохоты.

- Оптимальная организация работы оборудования
- Использование полимеров «внутри» (изнашиваемые материалы и изделия)
- Использование полимеров «снаружи» (пылезащитные ограждения)
- Использование ограждений с шумопоглощающими стенками.

Оптимальная работа

Оборудование, через которое проходит массовый поток материала, такое как дробилки и грохоты, обычно производит меньше шума, если оно работает в оптимальных условиях, и часть шума поглощается самим потоком материала (например, конусные дробилки при питании негрохоченным материалом). Снижение циркуляционных нагрузок также приводит к снижению уровня шума.

Полимеры «внутри»

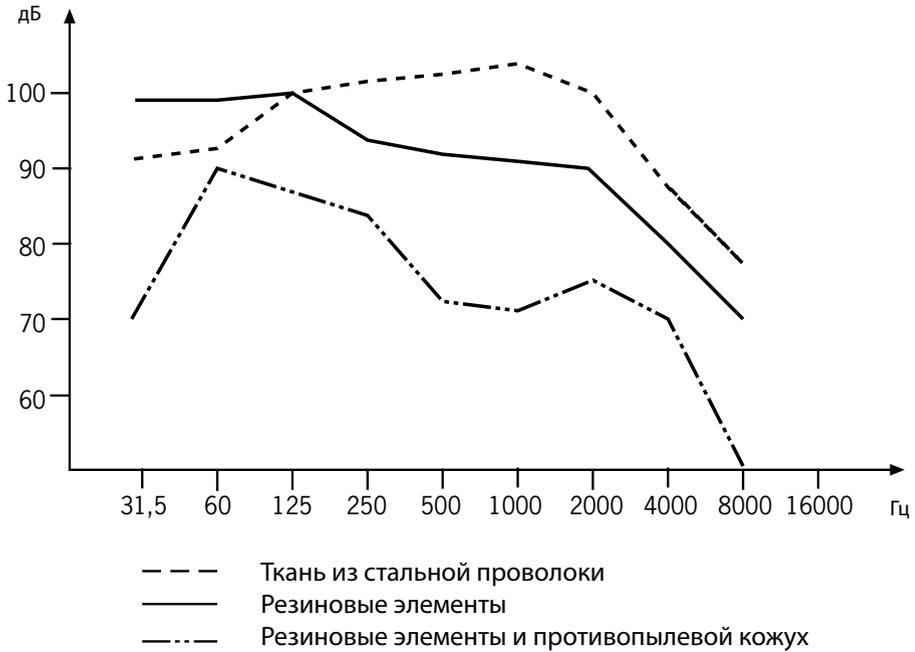
Использование полимеров в качестве футеровки мельниц, просеивающей среды, защиты от износа в системах транспортирования материалов (течек, мест перевалки) приводит к значительному снижению шума.

В мельницах измельчения, резиновая футеровка способна снизить уровень шума на 10 дБ(А) по сравнению со стальной футеровкой.



Полимеры «снаружи»

Использование полимеров в качестве пылезащитных ограждений для дробилок, грохотов, конвейеров, течек, мест перевалки и т.д. дает шумопонижение приблизительно на 5-10 дБ (А). Ниже на рисунке показано это отличие для грохота с декой из стальной проволоки и грохота с резиновой декой.

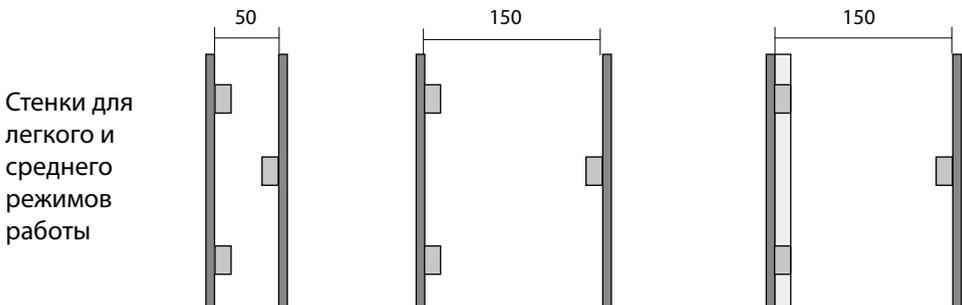


Простое правило: Чем больше полимеров использовать для различных целей в системах обогащения минералов, тем ниже будут уровни шума!

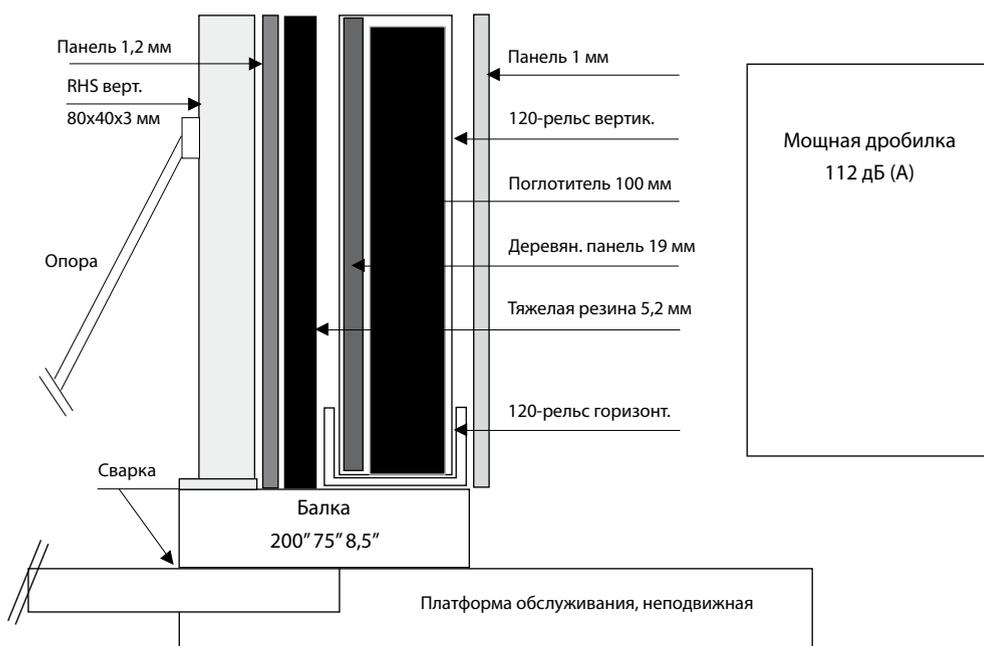
Шумопоглощающие стенки

Ограждение является эффективным средством снижения шума. Ограждение может быть разным по размеру (закрывать только привод или машину, или закрывать их обоих). При наличии общего ограждения уровень шума может упасть на 10-15 дБ (А).

В зависимости от условий работы, конструкция шумопоглощающих стенок может быть различной:



Стенка ограждения для дробилки с тяжелым режимом работы, поперечное сечение



Защита слуха

Работая в условиях с непрерывным шумом высокого уровня, важно постоянно пользоваться средствами защиты слуха. Желательно пользоваться защитными средствами также и при уровнях громкости 75-80 дБ (А), даже если в рекомендациях говорится иное. Причина в том, что продолжительное воздействие этих уровней громкости может также вызвать ослабление слуха.

Хорошие правила, касающиеся защиты слуха:

- Время от времени устраивайте себе перерыв от шума.
- Регулярно проходите обследование остроты слуха.
- Периодически проверяйте свои средства защиты.

Технологические системы – Введение

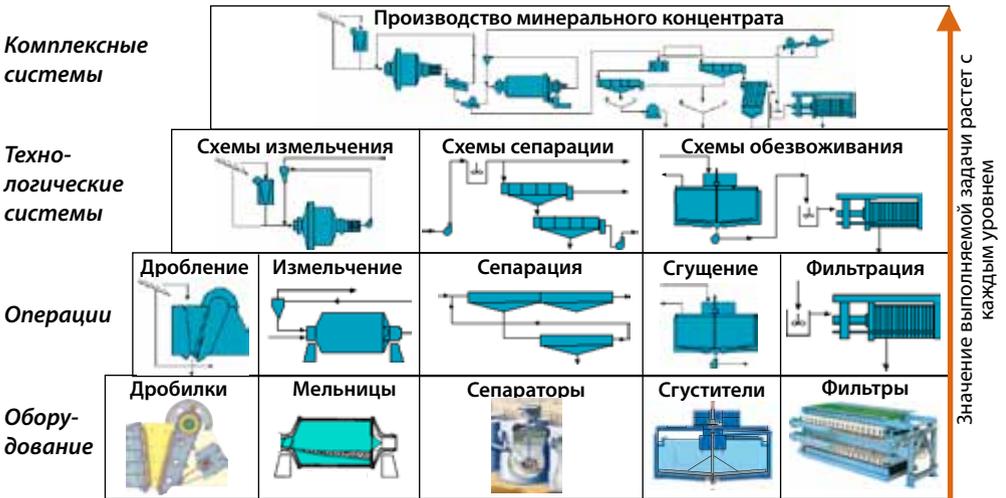
Машина, работающая в какой-либо технологической схеме обогащения минералов, не может выполнять свою задачу лучше, чем ей это позволяет окружающее технологическое оборудование.

Такие параметры, как тип, крупность и количество питания, процентное содержание твердого в пульпе, добавки, условия разгрузки и т.п. всегда будут определять эффективность работы оборудования и влиять на экономические показатели.

Среди поставщиков и пользователей оборудования есть устойчивая тенденция говорить на языке «систем», то есть решать проблемы на уровне различных производственных процессов, а не просто монтажа оборудования. Это эффективно поднимает качество работы, как указывалось в разделе 2.9.

В настоящем разделе приведены примеры, иллюстрирующие уровни систем и системные модули.

Уровни систем при обогащении руд/минералов



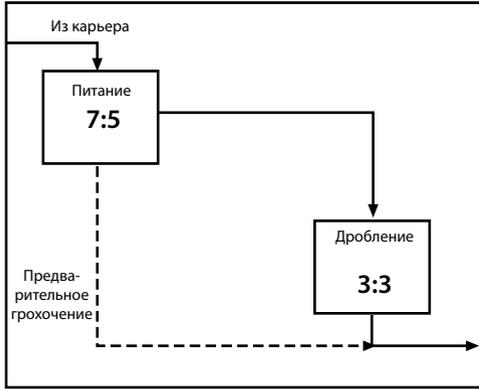
Уровни систем при переработке каменных нерудных материалов (добыча открытым способом)



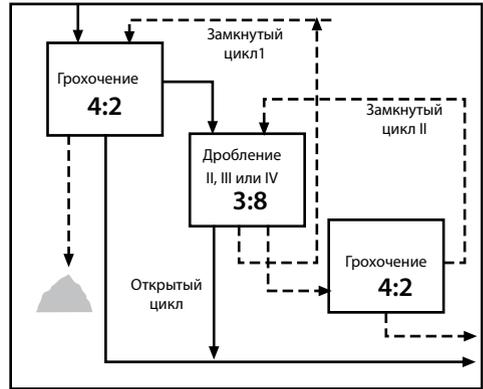
Системные модули – Каменный наполнитель

Хорошим приемом для понимания технологических систем и для работы с ними является использование системных модулей в различных сочетаниях.

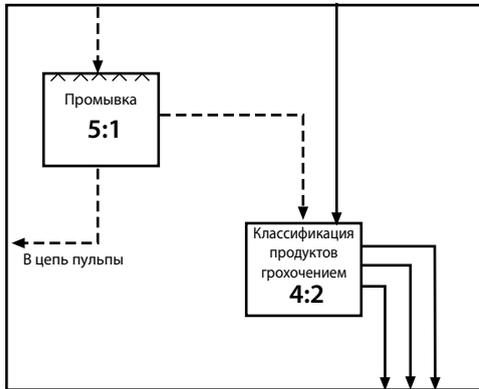
Модуль первичного дробления



Модуль промежуточного дробления



Модуль конечных продуктов

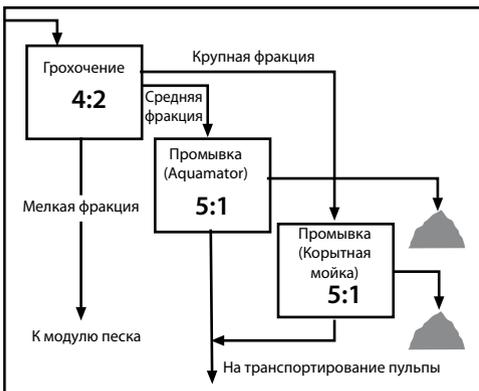


Модуль транспортирования пульпы

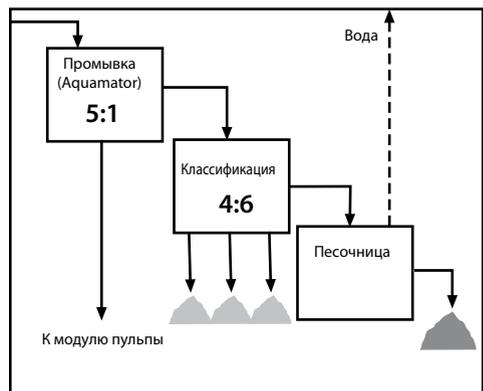


Системные модули – Песок и гравий

Модуль песка и гравия



Модуль песка и гравия

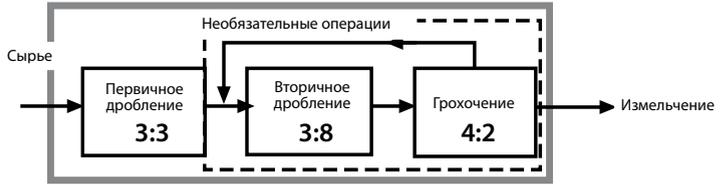


--- = «по желанию заказчика» или альтернативный вариант
 7:5 = ссылка на главы и страницы данного справочника

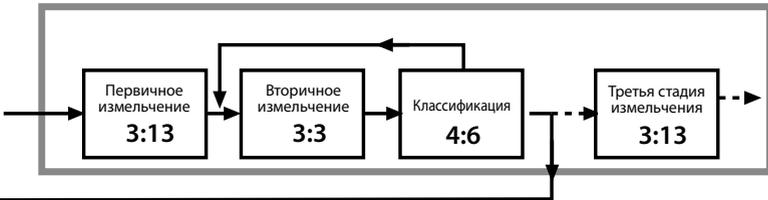
Технологические системы

Системные модули – Руда и минералы

Модуль дробления

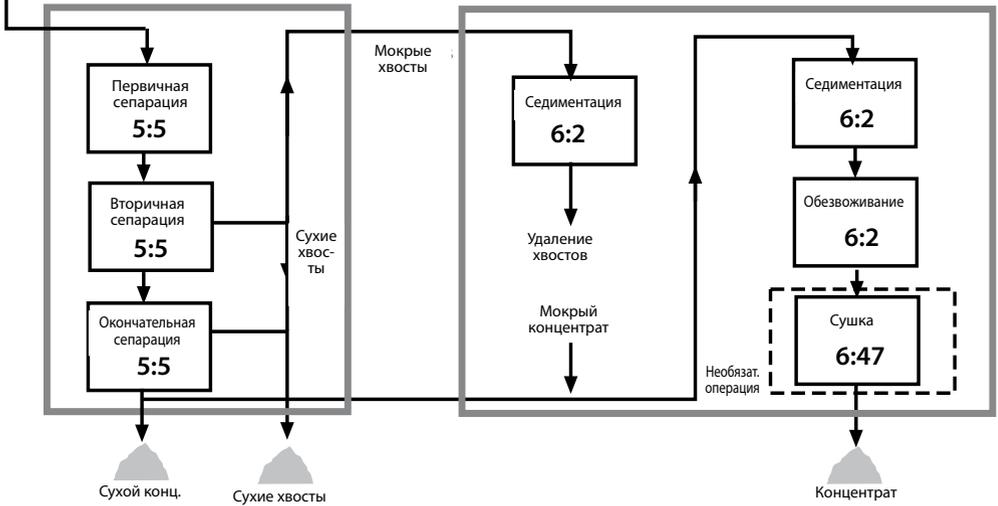


Модуль измельчения



Модуль обогащения

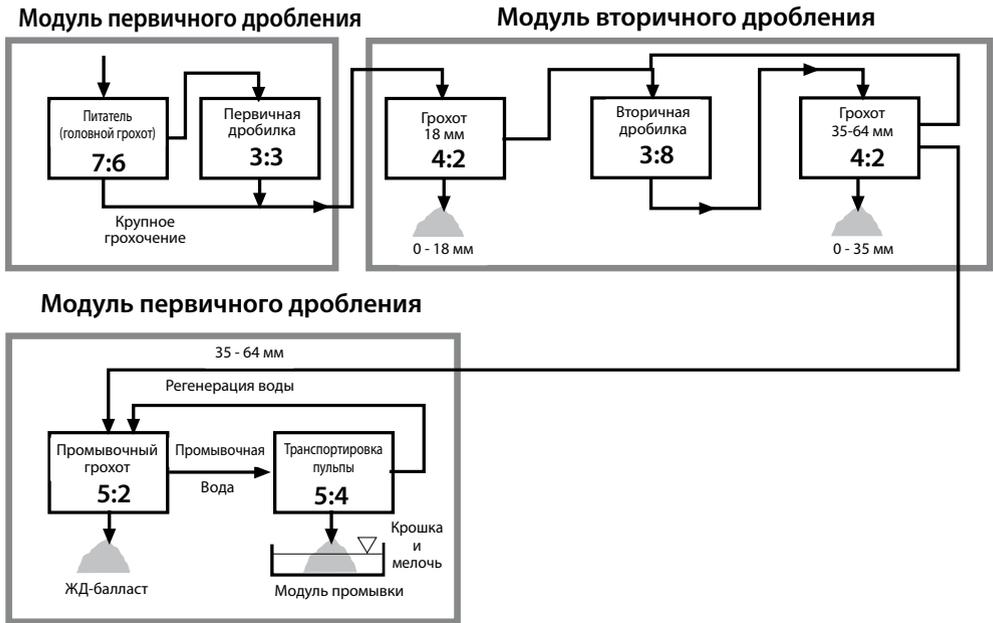
Модуль доводки



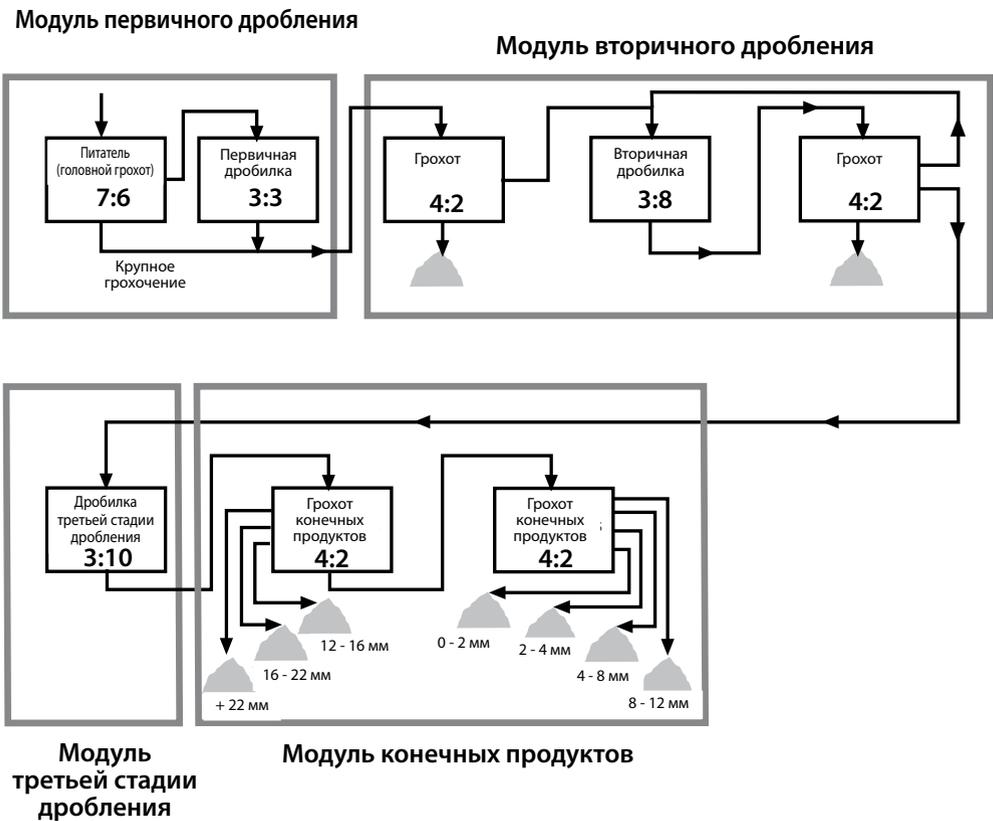
----- «по желанию заказчика» или альтернативный вариант
 7:5 = ссылка на главы и страницы данного справочника

Технологические системы

Технологическая система – Получение балластного материала для железнодорожного полотна

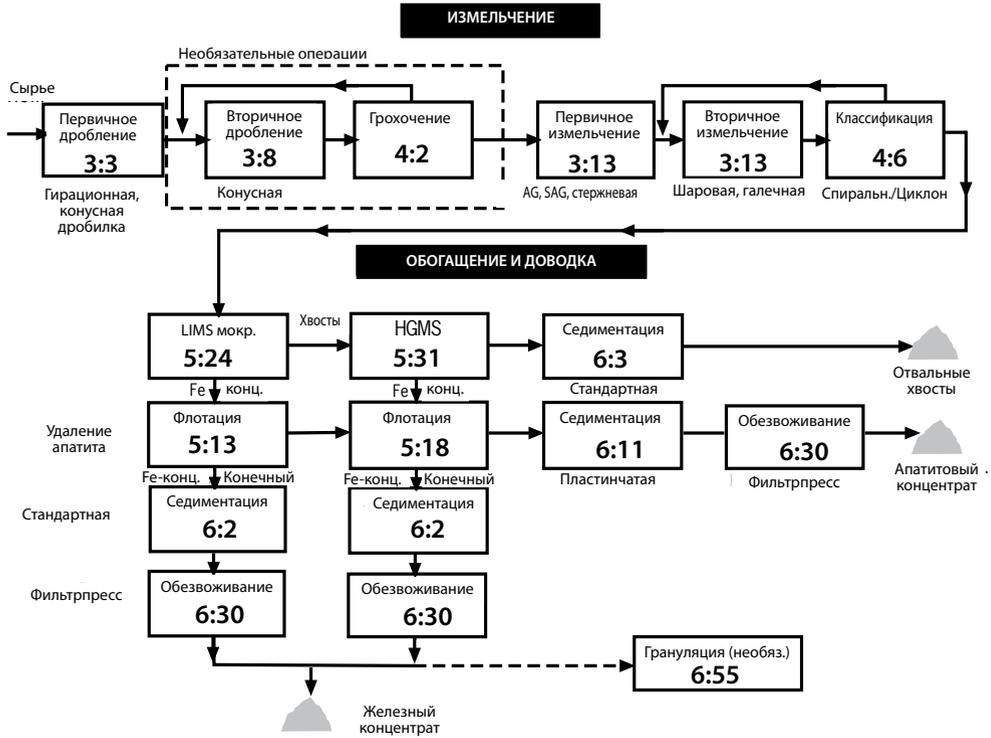


Технологическая система – Получение балластного материала для асфальта/бетона

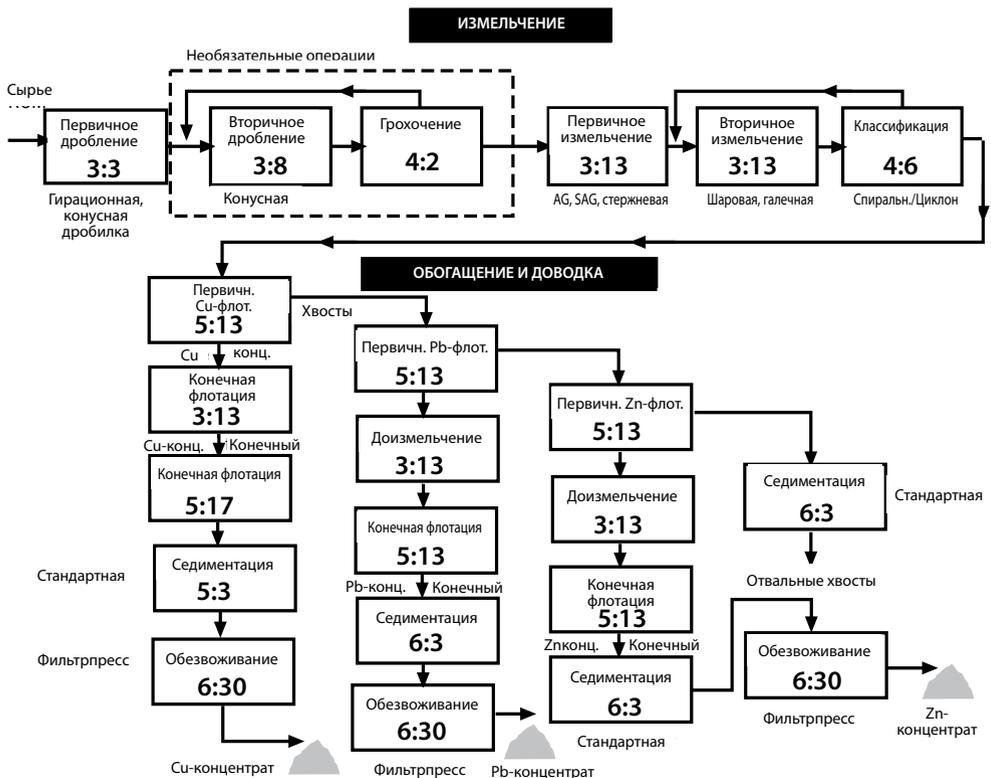


--- = «по желанию заказчика» или альтернативный вариант
7:5 = ссылка на главы и страницы данного справочника

Технологическая система – Обогащение железной руды (вмещающая порода - апатит)

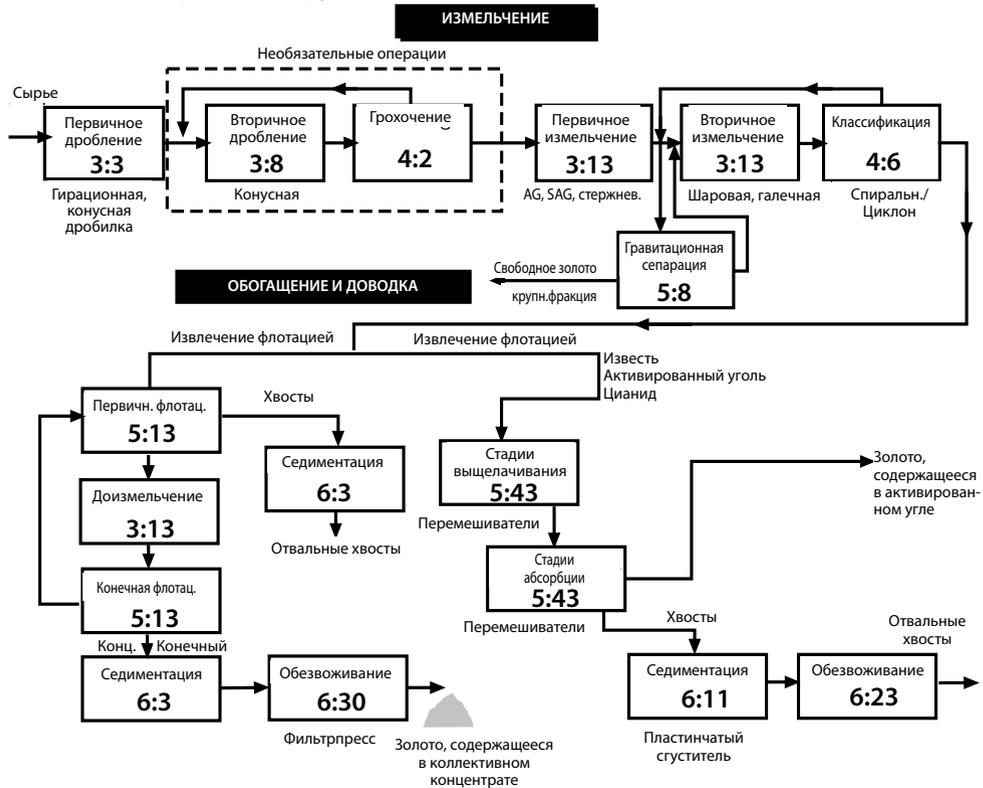


Технологическая система – Обогащение руд цветных металлов

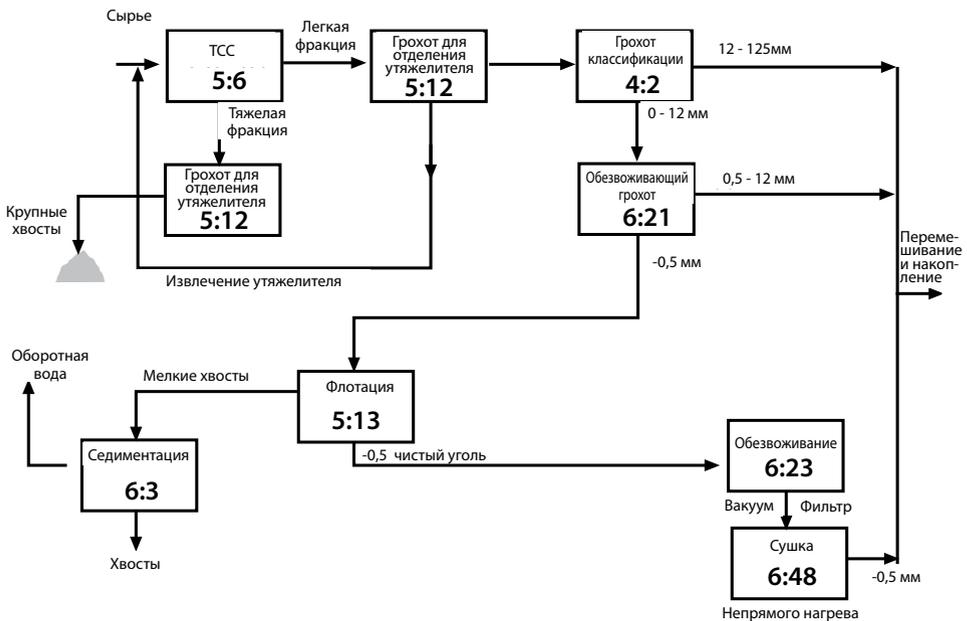


--- = «по желанию заказчика» или альтернативный вариант
 7:5 = ссылка на главы и страницы данного справочника

Технологическая система – Обогащение золотосодержащей руды

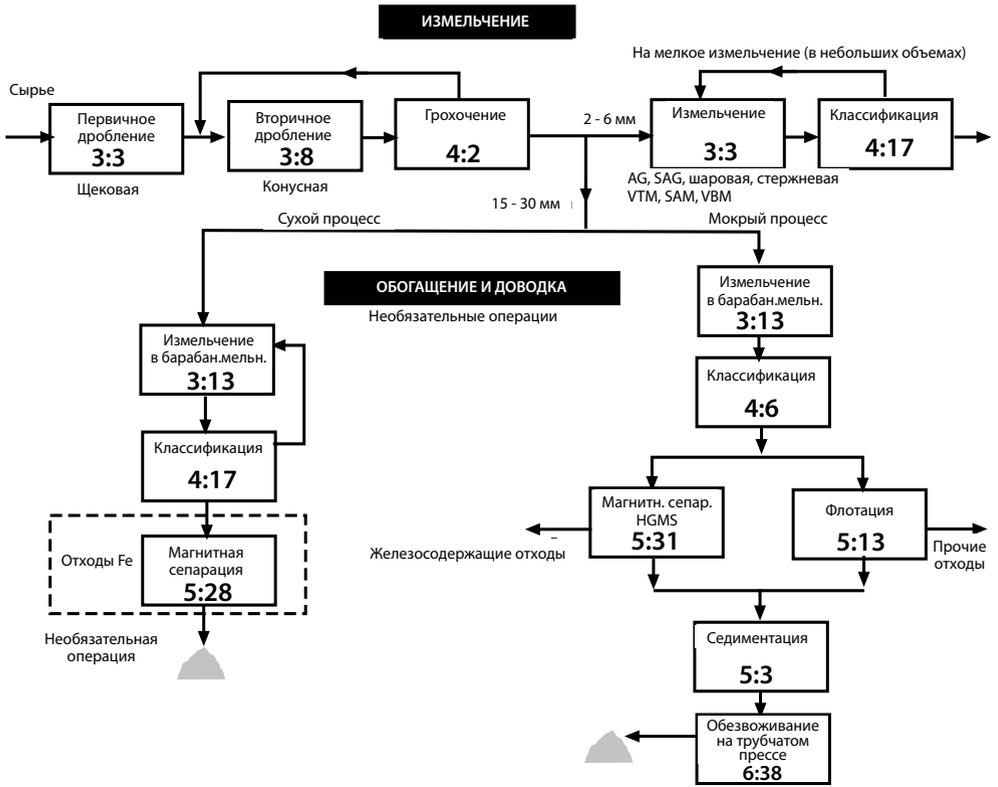


Технологическая система – Обогащение углей

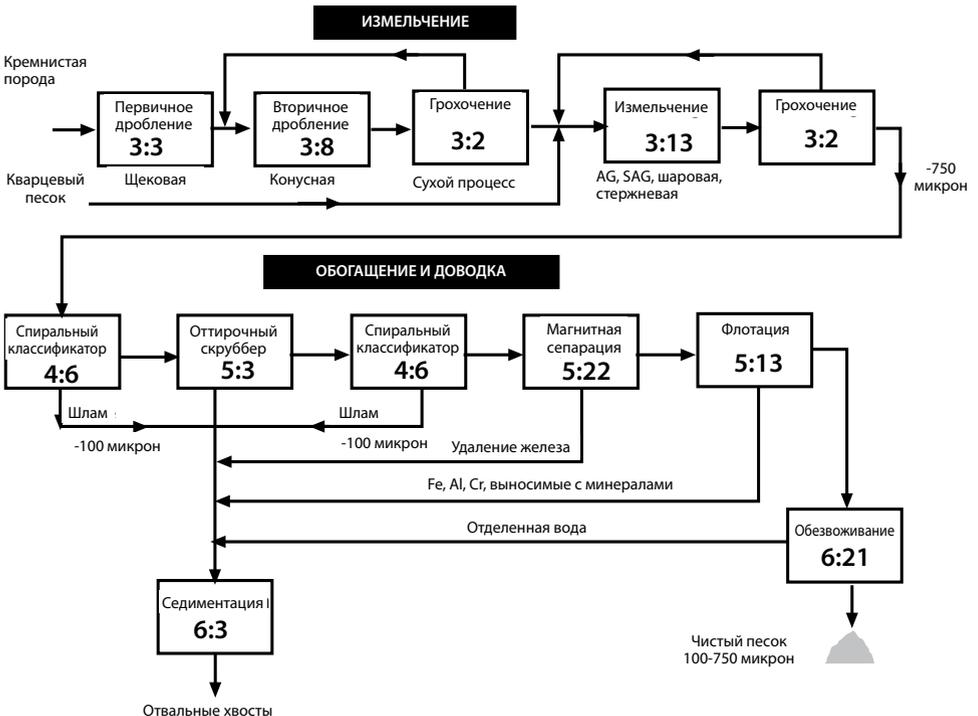


--- = «по желанию заказчика» или альтернативный вариант
7:5 = ссылка на главы и страницы данного справочника

Технологическая система – Получение минеральных наполнителей для промышленных нужд



Технологическая система - Получение песка для производства стекла

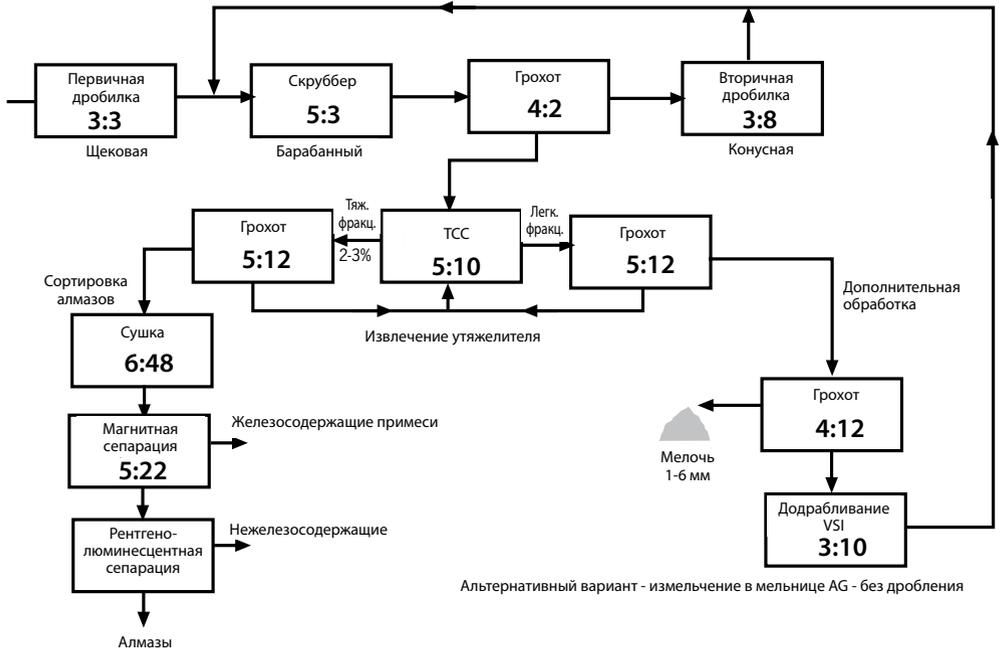


Технологические системы

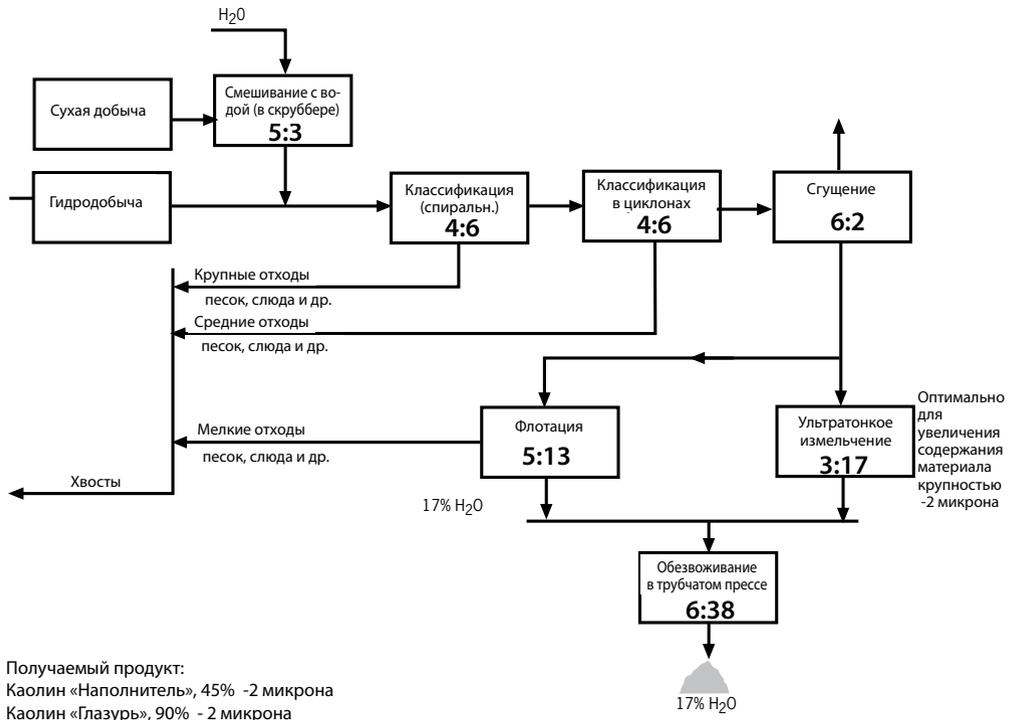
--- = «по желанию заказчика» или альтернативный вариант
7:5 = ссылка на главы и страницы данного справочника

Технологические системы

Технологическая система – Для извлечения алмазов (Кимберлит)



Технологическая система – Для обогащения каолина



Получаемый продукт:
 Каолин «Наполнитель», 45% -2 микрона
 Каолин «Глазурь», 90% -2 микрона

--- = «по желанию заказчика» или альтернативный вариант
 7:5 = ссылка на главы и страницы данного справочника

Передвижные системы

В настоящее время, при разработке карьеров, месторождений, строительстве туннелей и при операциях вторичной переработки резко возрастает доля использования передвижных технологических систем.

Особенно при добыче каменного материала открытым способом, метод постоянного «передвижения технологического оборудования ближе к фронту работ», с использованием передвижных дробильных установок и передвижных установок грохочения, во многих случаях дает заметное снижение себестоимости продукта.

Такие передвижные установки выполняют одну или несколько целиком законченных функций, включая транспортирование материалов, энергообеспечение и т.п. Современные принципы управления процессами обеспечивают «разумное» функционирование системы.

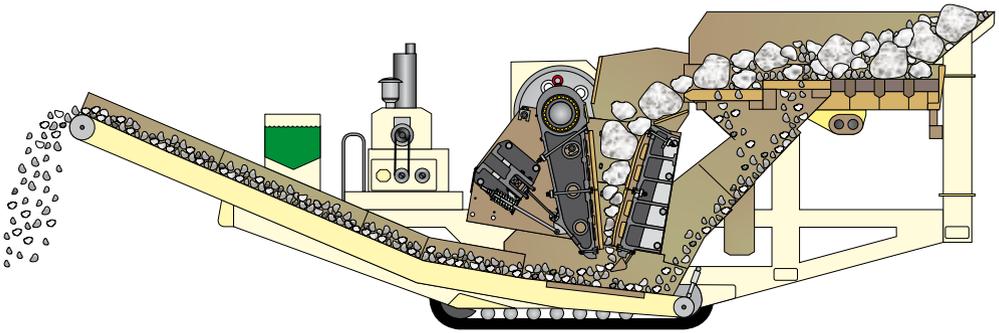
Передвижная дробильная и конвейерная система



Главными аргументами в пользу передвижных систем по сравнению со стационарным оборудованием и перевозкой материалов самосвалами, являются следующие:

- Меньше перевозок – меньше затрат
- Меньше работы по обслуживанию дорог вблизи места добычи
- Меньше выброс выхлопных газов и пыли
- Выше уровень безопасности работ
- Большая гибкость операций

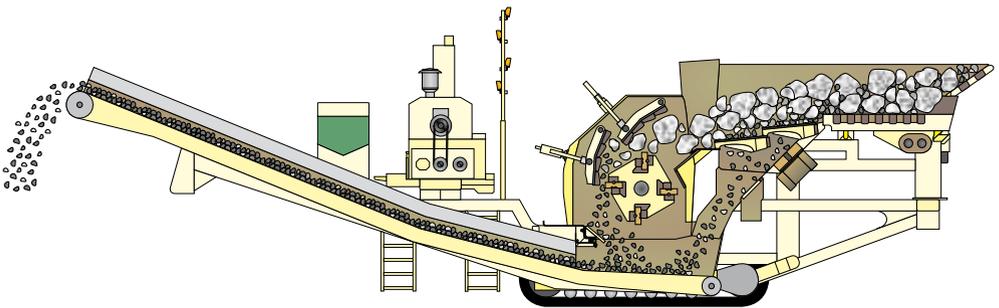
Первичная щековая дробилка + Колосниковый грохот (типичный)



Тип*	Макс. крупность питания/продукта мм (дюйм)	Производит. т/ч	Н/Ш/Л м (фут)	Вес, т
LT110	670 / 250 (26/10)	700	4.4/3.0/17.4 (14.5/9.1/57.0)	60
LT125	800 / 300 (31/12)	800	5.7/4.0/15.8(18.6/15.2/51.1)	86
LT140	900 / 350 (35/14)	1200	6.3/4.3/16.4(20.8/14.1/53.1)	110
LT160	1040/ 400 (41/16)	2000	7.6/5.9/20.2(25.0/19.3/66.7)	220

*в LT110 используется щековая дробилка типа C110, в LT125 - щековая дробилка C125 и т.д., см. раздел 3

Первичная молотковая дробилка + Колосниковый грохот (типичный)



Тип*	Макс. крупность питания/продукта мм (дюйм)	Производит. т/ч	Н/Ш/Л м (фут)	Вес, т
LT1415	1000/200 (40/8)	800	5.4/4.0/15.8 (17.7/13.1/51.1)	73
LT1620	1300/200 (52/8)	1200	6.5/4.8/18.5 (21.3/15.7/60.7)	170

* в LT 1415 используется молотковая дробилка типа NP1415, в LT 1620 - молотковая дробилка типа NP1620 и т.д., см. раздел 3.

Предприятие на колесах – Агрегатированная рудообогатительная фабрика



Типичный набор установок для реализации производительности, приблизительно, 10 т/ч

1. Дробильная установка

Щековая и конусная дробилки в замкнутом цикле с двухярусным грохотом.
Вес, приблиз., 19 тонн, транспортные габариты W= 2,6 м, H= 4,2 м.

2. Установка измельчения

Мельница (шаровая или стержневая), насос и гидроциклон
Вес, приблиз., 25 тонн, транспортные габариты W= 3,0 м, H= 3,8 м

3. Установка для сепарации (флотацией)

Камеры основной, контрольной и перечистой флотации вместе с кондиционерами, системой подачи реагентов и воздуходувкой.
Вес, приблизит., 14 тонн, транспортные габариты W= 2,5 м, H= 4,2 м
Также поставляются агрегаты для выщелачивания и гравитационной сепарации (ТСС, концентрационные столы и винтовые сепараторы).

4. Установка для обезвоживания

Компактный аппарат для седиментации (пластинчатый сгуститель) с вакуум-фильтром и вспомогательным оборудованием.

5. Энергетическая установка

Генератор с дизельным приводом, включая коробку с соединительными клеммами.
Транспортные габариты W = 2,5 м, H = 3,8 м

Коэффициенты перевода единиц измерения

Длина	Давление
1 дюйм = 25,4 мм	1 бар = 14,5 psi = 100 кПа
1 фут = 0,305 м	1 бар = 100 кПа
Площадь	1 кг/см ² = 98,1 кПа
1 кв. дюйм = 645 мм ² = 6,45 см ²	1 атм = 760 торр = 101 кПа
1 кв. фут = 0,0929 м ² = 929 см ²	1 фунт/дюйм ² (psi) = 6,89 кПа = 0,07031 кг/см ²
Объем	1 торр (мм рт.ст.) = 133 Па
1 куб. дюйм = 16,4 см ³	Момент
1 куб. фут = 28,3 л	1 фут фунт = 1,356 Нм
1 англ. галлон = 4,55 л	Единичная площадь
1 галлон США = 3,79 л	1 кв.фут/т/24ч = 2,23 м ² /(т ч)
Масса	Фильтрующая способность
1 фунт (lb) = 0,454 кг	1 фунт/мин/кв.фут = 293 кг/(м ² ч)
1 унция (oz) = 28,3 г	1 фунт/ч/кв.фут = 4,882 кг/(м ² ч)
1 короткая тонна = 907 кг	Нагрузка на поверхность
Удельный вес (плотность)	1 гал США в сутки/кв.фут = 1,698 x 10 ⁻³ м ³ /(м ² ч)
1 фунт/дюйм ³ = 27,7 т/м ³ = 27,7 г/см ³	1 гал США в час/кв.фут = 0,041 м ³ /(м ² ч)
1 фунт/фут ³ = 16,0 кг/м ³	1 гал США в мин/кв.фут = 2,44 м ³ /(м ² ч)
Сила	1 куб.фут в мин/кв.фут = 0,3048 м ³ /(м ² мин)
1 килопаунд (кгс) = 9,81 Н	Расход
1 фунт силы = 4,45 Н	1 гал США/мин = 0,23 м ³ /ч
Энергия	1 англ. гал/мин = 0,276 м ³ /ч
1 кВт*ч = 3,60 Мдж	Скорость
1 ккал = 4,19 кДж	1 фут/мин = 18,288 м/ч
1 Брит. тепловая ед. (Btu) = 1,06 кДж	ppm = частей на миллион = мг/л
Мощность	ppb = частей на миллиард = мг/м ³
1 ккал/ч = 1,16 Вт	SS = твердое во взвеси
1 л.с. = 746 Вт	TS = всего твердого (включая растворенные твердые фракции)
	w/w - весовое содержание
	v/v - объемное содержание

Справочные таблицы

Стандартная шкала Тайлера

меш	микрон	меш	микрон	меш	микрон
2 $\frac{1}{2}$	8 000	14	1 180	80	180
3	6 700	16	1 000	100	150
3 $\frac{1}{2}$	5 600	20	850	115	125
4	4 750	24	710	150	106
5	4 000	28	600	170	90
6	3 350	32	500	200	75
7	2 800	35	425	250	63
8	2 360	42	355	270	53
9	2 000	48	300	325	45
10	1 700	60	250	400	38
12	1 400	65	212	500	25

Плотность твердых веществ

Минерал	Плотность	Минерал	Плотность
А		И	
Альбит	2,6	Ильменит	4,7
Альмандин	4,3	К	
Алмаз	3,5	Кальцит	2,7
Амфибол	3,1-3,3	Калиевая слюда	2,8-3,0
Анатаз	3,9	Каолинит	2,6
Андрадит	3,8	Касситерит	7
Апатит	3,2	Кварц	2,7
Арсенопирит	5,9-6,2	Кианит	3,6 - 3,7
Асбест	2,4-2,5	Киноварь	8,1
Аурипигмент	3,4-3,5	Кобальтин	6,0 - 6,3
Азурит	3,8	Ковеллин	4,7
Б		Колеманит	2,4
Бадделеит	5,6	Колчедан	5,0
Барит	4,5	Корунд	3,9 - 4,1
Берилл	2,7 - 2,8	Кремень	2,6
Биотит	3,0 - 3,1	Криолит	3
Боксит	2,6	Крисоколла	2,0 - 2,3
В		Куприт	5,8 - 6,2
Висмут	9,8	Л	
Вермикулит	2,4 - 2,7	Лепидолит	2,8 - 2,9
Вольфрамит	6,7 - 7,5	Лимонит	2,2 - 2,4
Волластонит	2,8 - 2,9	М	
Г		Магнезит	3,0
Галенит	7,5	Магнетит	4,7
Галит	2,5	Магнит	4,3
Ганит	4,6	Малахит	4,0
Гематит	5,2	Марказит	4,6 - 4,9
Гетит	4,3	Мартит	5,2
Гиперстен	3,4	Медь	8,9
Гипс	2,3	Микролин	2,6
Графит	2,1 - 2,2	Микролит	5,5
Гроссулярит	3,5	Молибденит	4,7 - 5,0
Гюбнерит	6,7 - 7,5	Монацит	4,9 - 5,5
Д		Муллит	3,2
Диопсид	3,3 - 3,4	Мусковит	2,8 - 3,0
Доломит	1,8 - 2,9		
З			
Золото	15,6 - 19,3		

Справочные таблицы

Минерал	Плотность
Н	
Нефелин Сиенит	2,6
Никколит	7,6 - 7,8
О	
Ортоклаз	2,5 - 2,6
Офит	2,5 - 2,7
П	
Петалит	2,4
Пирит	5,0
Пироксен	3,1 - 3,6
Пиролозит	4,7 - 5,0
Пирохлор	4,2 - 4,4
Пирротин	4,6 - 4,7
Плавиновый шпат	3,2
Платина	14,0 - 21,5
Полевой шпат	2,6 - 2,8
Прокатная окалина	4,9-5,2
Р	
Реальгар	3,6
Родонит	3,6 - 3,7
Родохрозит	3,7
Рутил	4,2 - 4,3
С	
Сера	2,1
Серебро	10,1 - 11,1
Сидерит	3,9
Силлиманит	3,2
Сильвин	2,0
Смитсонит	4,1 - 4,5
Сподумен	3,1 - 3,2
Станнин	4,3 - 4,5
Стибнит (Антимонит)	4,6
Сфалерит	3,9 - 4,0
Сфен	3,3 - 8,6

Минерал	Плотность
Т	
Тальк	2,7 - 2,8
Танталит	5,2 - 8,2
Топаз	3,5 - 3,6
Торит	4,5 - 5,4
Турмалин	2,9 - 3,2
У	
Уранинит	11,0
Ф	
Фальерц	5,0
Ферберит	7,5
Флюорит	3,2
Франклинит	5,1 - 5,2
Х	
Халькопирит	4,1 - 4,3
Халькоцит	5,5 - 5,8
Хлорит	2,6 - 3,2
Хризолит	3,3 - 3,5
Хромит	5,1
Ц	
Целестин	4
Цеолит	2,0 - 2,5
Церуссит	6,6
Цинкит	5,7
Циркон	4,7
Ш	
Шеелит	6,1
Шпинель	3,6
Э	
Эпидот	3,4
Некоторые другие твердые вещества меняющегося состава:	
Шлак	1,5-4
Грунт	1,5-2,8
Зола пылеугольного топлива	1,5-3,5
Зольный остаток Стоки мокрого	1,5-3
Скруббера	2-5
Вторичная окалина	4,9 - 5,2

Таблица плотности пульпы (вода и твердая фаза) (метрич.)

A = Содержание твердого по весу [%]

B = Плотность пульпы [т/м³]

C = Объем пульпы [м³/т твердого]

Плотность твердой фазы: 1.4

A	B	C	A	B	C
1	1.003	99.714	41	1.133	2.153
2	1.006	49.714	42	1.136	2.095
3	1.009	33.048	43	1.140	2.040
4	1.012	24.714	44	1.144	1.987
5	1.014	19.714	45	1.148	1.937
6	1.017	16.381	46	1.151	1.888
7	1.020	14.000	47	1.155	1.842
8	1.023	12.214	48	1.159	1.798
9	1.026	10.825	49	1.163	1.755
10	1.029	9.714	50	1.167	1.714
11	1.032	8.805	51	1.171	1.675
12	1.036	8.048	52	1.174	1.637
13	1.039	7.407	53	1.178	1.601
14	1.042	6.857	54	1.182	1.566
15	1.045	6.381	55	1.186	1.532
16	1.048	5.964	56	1.190	1.500
17	1.051	5.597	57	1.195	1.469
18	1.054	5.270	58	1.199	1.438
19	1.057	4.977	59	1.203	1.409
20	1.061	4.714	60	1.207	1.381
21	1.064	4.476	61	1.211	1.354
22	1.067	4.260	62	1.215	1.327
23	1.070	4.062	63	1.220	1.302
24	1.074	3.881	64	1.224	1.277
25	1.077	3.714	65	1.228	1.253
26	1.080	3.560	66	1.232	1.229
27	1.084	3.418	67	1.237	1.207
28	1.087	3.286	68	1.241	1.185
29	1.090	3.163	69	1.246	1.164
30	1.094	3.048	70	1.250	1.143
31	1.097	2.940	71	1.254	1.123
32	1.101	2.839	72	1.259	1.103
33	1.104	2.745	73	1.264	1.084
34	1.108	2.655	74	1.268	1.066
35	1.111	2.571	75	1.273	1.048
36	1.115	2.492	76	1.277	1.030
37	1.118	2.417	77	1.282	1.013
38	1.122	2.346	78	1.287	0.996
39	1.125	2.278	79	1.292	0.980
40	1.129	2.214	80	1.296	0.964

Плотность твердой фазы: 1.8

A	B	C	A	B	C
1	1.004	99.556	41	1.223	1.995
2	1.009	49.556	42	1.230	1.937
3	1.014	32.889	43	1.236	1.881
4	1.018	24.556	44	1.243	1.828
5	1.023	19.556	45	1.250	1.778
6	1.027	16.222	46	1.257	1.729
7	1.032	13.841	47	1.264	1.683
8	1.037	12.056	48	1.271	1.639
9	1.042	10.667	49	1.278	1.596
10	1.047	9.556	50	1.286	1.556
11	1.051	8.646	51	1.293	1.516
12	1.056	7.889	52	1.301	1.479
13	1.061	7.248	53	1.308	1.442
14	1.066	6.698	54	1.316	1.407
15	1.071	6.222	55	1.324	1.374
16	1.077	5.806	56	1.331	1.341
17	1.082	5.438	57	1.339	1.310
18	1.087	5.111	58	1.347	1.280
19	1.092	4.819	59	1.355	1.250
20	1.098	4.556	60	1.364	1.222
21	1.103	4.317	61	1.372	1.195
22	1.108	4.101	62	1.380	1.168
23	1.114	3.903	63	1.389	1.143
24	1.119	3.722	64	1.398	1.118
25	1.125	3.556	65	1.406	1.094
26	1.131	3.402	66	1.415	1.071
27	1.136	3.259	67	1.424	1.048
28	1.142	3.127	68	1.433	1.026
29	1.148	3.004	69	1.442	1.005
30	1.154	2.889	70	1.452	0.984
31	1.160	2.781	71	1.461	0.964
32	1.166	2.681	72	1.471	0.944
33	1.172	2.586	73	1.480	0.925
34	1.178	2.497	74	1.490	0.907
35	1.184	2.413	75	1.500	0.889
36	1.190	2.333	76	1.510	0.871
37	1.197	2.258	77	1.520	0.854
38	1.203	2.187	78	1.531	0.838
39	1.210	2.120	79	1.541	0.821
40	1.216	2.056	80	1.552	0.806

Справочные таблицы

Таблица плотности пульпы (вода и твердая фаза) (метрич.)

A = Содержание твердого по весу [%]

B = Плотность пульпы [т/м³]

C = Объем пульпы [м³/т твердого]

Плотность твердой фазы: 2.0

A	B	C	A	B	C
1	1.005	99.500	41	1.258	1.939
2	1.010	49.500	42	1.266	1.881
3	1.015	32.833	43	1.274	1.826
4	1.020	24.500	44	1.282	1.773
5	1.026	19.500	45	1.290	1.722
6	1.031	16.167	46	1.299	1.674
7	1.036	13.786	47	1.307	1.628
8	1.042	12.000	48	1.316	1.583
9	1.047	10.611	49	1.325	1.541
10	1.053	9.500	50	1.333	1.500
11	1.058	8.591	51	1.342	1.461
12	1.064	7.833	52	1.351	1.423
13	1.070	7.192	53	1.361	1.387
14	1.075	6.643	54	1.370	1.352
15	1.081	6.167	55	1.379	1.318
16	1.087	5.750	56	1.389	1.286
17	1.093	5.382	57	1.399	1.254
18	1.099	5.056	58	1.408	1.224
19	1.105	4.763	59	1.418	1.195
20	1.111	4.500	60	1.429	1.167
21	1.117	4.262	61	1.439	1.139
22	1.124	4.045	62	1.449	1.113
23	1.130	3.848	63	1.460	1.087
24	1.136	3.667	64	1.471	1.063
25	1.143	3.500	65	1.481	1.038
26	1.149	3.346	66	1.493	1.015
27	1.156	3.204	67	1.504	0.993
28	1.163	3.071	68	1.515	0.971
29	1.170	2.948	69	1.527	0.949
30	1.176	2.833	70	1.538	0.929
31	1.183	2.726	71	1.550	0.908
32	1.190	2.625	72	1.563	0.889
33	1.198	2.530	73	1.575	0.870
34	1.205	2.441	74	1.587	0.851
35	1.212	2.357	75	1.600	0.833
36	1.220	2.278	76	1.613	0.816
37	1.227	2.203	77	1.626	0.799
38	1.235	2.132	78	1.639	0.782
39	1.242	2.064	79	1.653	0.766
40	1.250	2.000	80	1.667	0.750

Плотность твердой фазы: 2.6

A	B	C	A	B	C
1	1.006	99.385	41	1.337	1.824
2	1.012	49.385	42	1.349	1.766
3	1.019	32.718	43	1.360	1.710
4	1.025	24.385	44	1.371	1.657
5	1.032	19.385	45	1.383	1.607
6	1.038	16.051	46	1.395	1.559
7	1.045	13.670	47	1.407	1.512
8	1.052	11.885	48	1.419	1.468
9	1.059	10.496	49	1.432	1.425
10	1.066	9.385	50	1.444	1.385
11	1.073	8.476	51	1.457	1.345
12	1.080	7.718	52	1.471	1.308
13	1.087	7.077	53	1.484	1.271
14	1.094	6.527	54	1.498	1.236
15	1.102	6.051	55	1.512	1.203
16	1.109	5.635	56	1.526	1.170
17	1.117	5.267	57	1.540	1.139
18	1.125	4.940	58	1.555	1.109
19	1.132	4.648	59	1.570	1.080
20	1.140	4.385	60	1.585	1.051
21	1.148	4.147	61	1.601	1.024
22	1.157	3.930	62	1.617	0.998
23	1.165	3.732	63	1.633	0.972
24	1.173	3.551	64	1.650	0.947
25	1.182	3.385	65	1.667	0.923
26	1.190	3.231	66	1.684	0.900
27	1.199	3.088	67	1.702	0.877
28	1.208	2.956	68	1.720	0.855
29	1.217	2.833	69	1.738	0.834
30	1.226	2.718	70	1.757	0.813
31	1.236	2.610	71	1.776	0.793
32	1.245	2.510	72	1.796	0.774
33	1.255	2.415	73	1.816	0.754
34	1.265	2.326	74	1.836	0.736
35	1.275	2.242	75	1.857	0.718
36	1.285	2.162	76	1.879	0.700
37	1.295	2.087	77	1.901	0.683
38	1.305	2.016	78	1.923	0.667
39	1.316	1.949	79	1.946	0.650
40	1.327	1.885	80	1.970	0.635

Таблица плотности пульпы (вода и твердая фаза) (метрич.)

A = Содержание твердого по весу [%]

B = Плотность пульпы [т/м³]C = Объем пульпы [м³/т твердого]

Плотность твердой фазы: 2.8

A	B	C	A	B	C
1	1.006	99.357	41	1.358	1.796
2	1.013	49.357	42	1.370	1.738
3	1.020	32.690	43	1.382	1.683
4	1.026	24.357	44	1.394	1.630
5	1.033	19.357	45	1.407	1.579
6	1.040	16.024	46	1.420	1.531
7	1.047	13.643	47	1.433	1.485
8	1.054	11.857	48	1.446	1.440
9	1.061	10.468	49	1.460	1.398
10	1.069	9.357	50	1.474	1.357
11	1.076	8.448	51	1.488	1.318
12	1.084	7.690	52	1.502	1.280
13	1.091	7.049	53	1.517	1.244
14	1.099	6.500	54	1.532	1.209
15	1.107	6.024	55	1.547	1.175
16	1.115	5.607	56	1.563	1.143
17	1.123	5.239	57	1.578	1.112
18	1.131	4.913	58	1.595	1.081
19	1.139	4.620	59	1.611	1.052
20	1.148	4.357	60	1.628	1.024
21	1.156	4.119	61	1.645	0.996
22	1.165	3.903	62	1.663	0.970
23	1.174	3.705	63	1.681	0.944
24	1.182	3.524	64	1.699	0.920
25	1.191	3.357	65	1.718	0.896
26	1.201	3.203	66	1.737	0.872
27	1.210	3.061	67	1.757	0.850
28	1.220	2.929	68	1.777	0.828
29	1.229	2.805	69	1.797	0.806
30	1.239	2.690	70	1.818	0.786
31	1.249	2.583	71	1.840	0.766
32	1.259	2.482	72	1.862	0.746
33	1.269	2.387	73	1.884	0.727
34	1.280	2.298	74	1.907	0.708
35	1.290	2.214	75	1.931	0.690
36	1.301	2.135	76	1.955	0.673
37	1.312	2.060	77	1.980	0.656
38	1.323	1.989	78	2.006	0.639
39	1.335	1.921	79	2.032	0.623
40	1.346	1.857	80	2.059	0.607

Плотность твердой фазы: 3.0

A	B	C	A	B	C
1	1.007	99.333	41	1.376	1.772
2	1.014	49.333	42	1.389	1.714
3	1.020	32.667	43	1.402	1.659
4	1.027	24.333	44	1.415	1.606
5	1.034	19.333	45	1.429	1.556
6	1.042	16.000	46	1.442	1.507
7	1.049	13.619	47	1.456	1.461
8	1.056	11.833	48	1.471	1.417
9	1.064	10.444	49	1.485	1.374
10	1.071	9.333	50	1.500	1.333
11	1.079	8.424	51	1.515	1.294
12	1.087	7.667	52	1.531	1.256
13	1.095	7.026	53	1.546	1.220
14	1.103	6.476	54	1.563	1.185
15	1.111	6.000	55	1.579	1.152
16	1.119	5.583	56	1.596	1.119
17	1.128	5.216	57	1.613	1.088
18	1.136	4.889	58	1.630	1.057
19	1.145	4.596	59	1.648	1.028
20	1.154	4.333	60	1.667	1.000
21	1.163	4.095	61	1.685	0.973
22	1.172	3.879	62	1.705	0.946
23	1.181	3.681	63	1.724	0.921
24	1.190	3.500	64	1.744	0.896
25	1.200	3.333	65	1.765	0.872
26	1.210	3.179	66	1.786	0.848
27	1.220	3.037	67	1.807	0.826
28	1.230	2.905	68	1.829	0.804
29	1.240	2.782	69	1.852	0.783
30	1.250	2.667	70	1.875	0.762
31	1.261	2.559	71	1.899	0.742
32	1.271	2.458	72	1.923	0.722
33	1.282	2.364	73	1.948	0.703
34	1.293	2.275	74	1.974	0.685
35	1.304	2.190	75	2.000	0.667
36	1.316	2.111	76	2.027	0.649
37	1.327	2.036	77	2.055	0.632
38	1.339	1.965	78	2.083	0.615
39	1.351	1.897	79	2.113	0.599
40	1.364	1.833	80	2.143	0.583

Справочные таблицы

Таблица плотности пульпы (вода и твердая фаза) (метрич.)

A = Содержание твердого по весу [%]

B = Плотность пульпы [т/м³]

C = Объем пульпы [м³/т твердого]

Плотность твердой фазы: 3.2

A	B	C	A	B	C
1	1.007	99.313	41	1.393	1.752
2	1.014	49.313	42	1.406	1.693
3	1.021	32.646	43	1.420	1.638
4	1.028	24.313	44	1.434	1.585
5	1.036	19.313	45	1.448	1.535
6	1.043	15.979	46	1.463	1.486
7	1.051	13.598	47	1.477	1.440
8	1.058	11.813	48	1.493	1.396
9	1.066	10.424	49	1.508	1.353
10	1.074	9.313	50	1.524	1.313
11	1.082	8.403	51	1.540	1.273
12	1.090	7.646	52	1.556	1.236
13	1.098	7.005	53	1.573	1.199
14	1.107	6.455	54	1.590	1.164
15	1.115	5.979	55	1.608	1.131
16	1.124	5.563	56	1.626	1.098
17	1.132	5.195	57	1.644	1.067
18	1.141	4.868	58	1.663	1.037
19	1.150	4.576	59	1.682	1.007
20	1.159	4.313	60	1.702	0.979
21	1.169	4.074	61	1.722	0.952
22	1.178	3.858	62	1.743	0.925
23	1.188	3.660	63	1.764	0.900
24	1.198	3.479	64	1.786	0.875
25	1.208	3.313	65	1.808	0.851
26	1.218	3.159	66	1.831	0.828
27	1.228	3.016	67	1.854	0.805
28	1.238	2.884	68	1.878	0.783
29	1.249	2.761	69	1.902	0.762
30	1.260	2.646	70	1.928	0.741
31	1.271	2.538	71	1.954	0.721
32	1.282	2.438	72	1.980	0.701
33	1.293	2.343	73	2.008	0.682
34	1.305	2.254	74	2.036	0.664
35	1.317	2.170	75	2.065	0.646
36	1.329	2.090	76	2.094	0.628
37	1.341	2.015	77	2.125	0.611
38	1.354	1.944	78	2.156	0.595
39	1.366	1.877	79	2.189	0.578
40	1.379	1.813	80	2.222	0.563

Плотность твердой фазы: 3.4

A	B	C	A	B	C
1	1.007	99.294	41	1.407	1.733
2	1.014	49.294	42	1.421	1.675
3	1.022	32.627	43	1.436	1.620
4	1.029	24.294	44	1.451	1.567
5	1.037	19.294	45	1.466	1.516
6	1.044	15.961	46	1.481	1.468
7	1.052	13.580	47	1.496	1.422
8	1.060	11.794	48	1.512	1.377
9	1.068	10.405	49	1.529	1.335
10	1.076	9.294	50	1.545	1.294
11	1.084	8.385	51	1.563	1.255
12	1.093	7.627	52	1.580	1.217
13	1.101	6.986	53	1.598	1.181
14	1.110	6.437	54	1.616	1.146
15	1.118	5.961	55	1.635	1.112
16	1.127	5.544	56	1.654	1.080
17	1.136	5.176	57	1.673	1.049
18	1.146	4.850	58	1.693	1.018
19	1.155	4.557	59	1.714	0.989
20	1.164	4.294	60	1.735	0.961
21	1.174	4.056	61	1.756	0.933
22	1.184	3.840	62	1.778	0.907
23	1.194	3.642	63	1.801	0.881
24	1.204	3.461	64	1.824	0.857
25	1.214	3.294	65	1.848	0.833
26	1.225	3.140	66	1.872	0.809
27	1.235	2.998	67	1.897	0.787
28	1.246	2.866	68	1.923	0.765
29	1.257	2.742	69	1.950	0.743
30	1.269	2.627	70	1.977	0.723
31	1.280	2.520	71	2.005	0.703
32	1.292	2.419	72	2.033	0.683
33	1.304	2.324	73	2.063	0.664
34	1.316	2.235	74	2.094	0.645
35	1.328	2.151	75	2.125	0.627
36	1.341	2.072	76	2.157	0.610
37	1.354	1.997	77	2.191	0.593
38	1.367	1.926	78	2.225	0.576
39	1.380	1.858	79	2.261	0.560
40	1.393	1.794	80	2.297	0.544

Таблица плотности пульпы (вода и твердая фаза) (метрич.)

A = Содержание твердого по весу [%]

B = Плотность пульпы [т/м³]C = Объем пульпы [м³/т твердого]

Плотность твердой фазы: 3.6

A	B	C	A	B	C
1	1.007	99.278	41	1.421	1.717
2	1.015	49.278	42	1.435	1.659
3	1.022	32.611	43	1.450	1.603
4	1.030	24.278	44	1.466	1.551
5	1.037	19.278	45	1.481	1.500
6	1.045	15.944	46	1.498	1.452
7	1.053	13.563	47	1.514	1.405
8	1.061	11.778	48	1.531	1.361
9	1.070	10.389	49	1.548	1.319
10	1.078	9.278	50	1.565	1.278
11	1.086	8.369	51	1.583	1.239
12	1.095	7.611	52	1.601	1.201
13	1.104	6.970	53	1.620	1.165
14	1.112	6.421	54	1.639	1.130
15	1.121	5.944	55	1.659	1.096
16	1.131	5.528	56	1.679	1.063
17	1.140	5.160	57	1.700	1.032
18	1.149	4.833	58	1.721	1.002
19	1.159	4.541	59	1.742	0.973
20	1.169	4.278	60	1.765	0.944
21	1.179	4.040	61	1.787	0.917
22	1.189	3.823	62	1.811	0.891
23	1.199	3.626	63	1.835	0.865
24	1.210	3.444	64	1.860	0.840
25	1.220	3.278	65	1.885	0.816
26	1.231	3.124	66	1.911	0.793
27	1.242	2.981	67	1.938	0.770
28	1.253	2.849	68	1.965	0.748
29	1.265	2.726	69	1.993	0.727
30	1.277	2.611	70	2.022	0.706
31	1.288	2.504	71	2.052	0.686
32	1.301	2.403	72	2.083	0.667
33	1.313	2.308	73	2.115	0.648
34	1.325	2.219	74	2.148	0.629
35	1.338	2.135	75	2.182	0.611
36	1.351	2.056	76	2.217	0.594
37	1.365	1.980	77	2.253	0.576
38	1.378	1.909	78	2.290	0.560
39	1.392	1.842	79	2.329	0.544
40	1.406	1.778	80	2.368	0.528

Плотность твердой фазы: 3.8

A	B	C	A	B	C
1	1.007	99.263	41	1.433	1.702
2	1.015	49.263	42	1.448	1.644
3	1.023	32.596	43	1.464	1.589
4	1.030	24.263	44	1.480	1.536
5	1.038	19.263	45	1.496	1.485
6	1.046	15.930	46	1.513	1.437
7	1.054	13.549	47	1.530	1.391
8	1.063	11.763	48	1.547	1.346
9	1.071	10.374	49	1.565	1.304
10	1.080	9.263	50	1.583	1.263
11	1.088	8.354	51	1.602	1.224
12	1.097	7.596	52	1.621	1.186
13	1.106	6.955	53	1.641	1.150
14	1.115	6.406	54	1.661	1.115
15	1.124	5.930	55	1.681	1.081
16	1.134	5.513	56	1.703	1.049
17	1.143	5.146	57	1.724	1.018
18	1.153	4.819	58	1.746	0.987
19	1.163	4.526	59	1.769	0.958
20	1.173	4.263	60	1.792	0.930
21	1.183	4.025	61	1.816	0.903
22	1.193	3.809	62	1.841	0.876
23	1.204	3.611	63	1.866	0.850
24	1.215	3.430	64	1.892	0.826
25	1.226	3.263	65	1.919	0.802
26	1.237	3.109	66	1.947	0.778
27	1.248	2.967	67	1.975	0.756
28	1.260	2.835	68	2.004	0.734
29	1.272	2.711	69	2.034	0.712
30	1.284	2.596	70	2.065	0.692
31	1.296	2.489	71	2.097	0.672
32	1.309	2.388	72	2.130	0.652
33	1.321	2.293	73	2.164	0.633
34	1.334	2.204	74	2.199	0.615
35	1.348	2.120	75	2.235	0.596
36	1.361	2.041	76	2.273	0.579
37	1.375	1.966	77	2.311	0.562
38	1.389	1.895	78	2.351	0.545
39	1.403	1.827	79	2.393	0.529
40	1.418	1.763	80	2.436	0.513

Справочные таблицы

Таблица плотности пульпы (вода и твердая фаза) (метрич.)

A = Содержание твердого по весу [%]

B = Плотность пульпы [т/м³]

C = Объем пульпы [м³/т твердого]

Плотность твердой фазы: 4.2

A	B	C	A	B	C
1	1.008	99.238	41	1.454	1.677
2	1.015	49.238	42	1.471	1.619
3	1.023	32.571	43	1.487	1.564
4	1.031	24.238	44	1.504	1.511
5	1.040	19.238	45	1.522	1.460
6	1.048	15.905	46	1.540	1.412
7	1.056	13.524	47	1.558	1.366
8	1.065	11.738	48	1.577	1.321
9	1.074	10.349	49	1.596	1.279
10	1.082	9.238	50	1.615	1.238
11	1.091	8.329	51	1.636	1.199
12	1.101	7.571	52	1.656	1.161
13	1.110	6.930	53	1.677	1.125
14	1.119	6.381	54	1.699	1.090
15	1.129	5.905	55	1.721	1.056
16	1.139	5.488	56	1.744	1.024
17	1.149	5.120	57	1.768	0.992
18	1.159	4.794	58	1.792	0.962
19	1.169	4.501	59	1.817	0.933
20	1.180	4.238	60	1.842	0.905
21	1.190	4.000	61	1.868	0.877
22	1.201	3.784	62	1.895	0.851
23	1.212	3.586	63	1.923	0.825
24	1.224	3.405	64	1.952	0.801
25	1.235	3.238	65	1.981	0.777
26	1.247	3.084	66	2.011	0.753
27	1.259	2.942	67	2.043	0.731
28	1.271	2.810	68	2.075	0.709
29	1.284	2.686	69	2.108	0.687
30	1.296	2.571	70	2.143	0.667
31	1.309	2.464	71	2.178	0.647
32	1.322	2.363	72	2.215	0.627
33	1.336	2.268	73	2.253	0.608
34	1.350	2.179	74	2.293	0.589
35	1.364	2.095	75	2.333	0.571
36	1.378	2.016	76	2.376	0.554
37	1.393	1.941	77	2.419	0.537
38	1.408	1.870	78	2.465	0.520
39	1.423	1.802	79	2.512	0.504
40	1.438	1.738	80	2.561	0.488

Плотность твердой фазы: 4.6

A	B	C	A	B	C
1	1.008	99.217	41	1.472	1.656
2	1.016	49.217	42	1.490	1.598
3	1.024	32.551	43	1.507	1.543
4	1.032	24.217	44	1.525	1.490
5	1.041	19.217	45	1.544	1.440
6	1.049	15.884	46	1.563	1.391
7	1.058	13.503	47	1.582	1.345
8	1.067	11.717	48	1.602	1.301
9	1.076	10.329	49	1.622	1.258
10	1.085	9.217	50	1.643	1.217
11	1.094	8.308	51	1.664	1.178
12	1.104	7.551	52	1.686	1.140
13	1.113	6.910	53	1.709	1.104
14	1.123	6.360	54	1.732	1.069
15	1.133	5.884	55	1.756	1.036
16	1.143	5.467	56	1.780	1.003
17	1.153	5.100	57	1.805	0.972
18	1.164	4.773	58	1.831	0.942
19	1.175	4.481	59	1.858	0.912
20	1.186	4.217	60	1.885	0.884
21	1.197	3.979	61	1.913	0.857
22	1.208	3.763	62	1.943	0.830
23	1.220	3.565	63	1.973	0.805
24	1.231	3.384	64	2.003	0.780
25	1.243	3.217	65	2.035	0.756
26	1.255	3.064	66	2.068	0.733
27	1.268	2.921	67	2.102	0.710
28	1.281	2.789	68	2.138	0.688
29	1.294	2.666	69	2.174	0.667
30	1.307	2.551	70	2.212	0.646
31	1.320	2.443	71	2.250	0.626
32	1.334	2.342	72	2.291	0.606
33	1.348	2.248	73	2.333	0.587
34	1.363	2.159	74	2.376	0.569
35	1.377	2.075	75	2.421	0.551
36	1.392	1.995	76	2.468	0.533
37	1.408	1.920	77	2.516	0.516
38	1.423	1.849	78	2.567	0.499
39	1.439	1.781	79	2.620	0.483
40	1.456	1.717	80	2.674	0.467

Таблица плотности пульпы (вода и твердая фаза) (метрич.)

A = Содержание твердого по весу [%]

B = Плотность пульпы [т/м³]C = Объем пульпы [м³/т твердого]**Плотность твердой фазы: 5.0**

A	B	C	A	B	C
1	1.008	99.200	41	1.488	1.639
2	1.016	49.200	42	1.506	1.581
3	1.025	32.533	43	1.524	1.526
4	1.033	24.200	44	1.543	1.473
5	1.042	19.200	45	1.563	1.422
6	1.050	15.867	46	1.582	1.374
7	1.059	13.486	47	1.603	1.328
8	1.068	11.700	48	1.623	1.283
9	1.078	10.311	49	1.645	1.241
10	1.087	9.200	50	1.667	1.200
11	1.096	8.291	51	1.689	1.161
12	1.106	7.533	52	1.712	1.123
13	1.116	6.892	53	1.736	1.087
14	1.126	6.343	54	1.761	1.052
15	1.136	5.867	55	1.786	1.018
16	1.147	5.450	56	1.812	0.986
17	1.157	5.082	57	1.838	0.954
18	1.168	4.756	58	1.866	0.924
19	1.179	4.463	59	1.894	0.895
20	1.190	4.200	60	1.923	0.867
21	1.202	3.962	61	1.953	0.839
22	1.214	3.745	62	1.984	0.813
23	1.225	3.548	63	2.016	0.787
24	1.238	3.367	64	2.049	0.763
25	1.250	3.200	65	2.083	0.738
26	1.263	3.046	66	2.119	0.715
27	1.276	2.904	67	2.155	0.693
28	1.289	2.771	68	2.193	0.671
29	1.302	2.648	69	2.232	0.649
30	1.316	2.533	70	2.273	0.629
31	1.330	2.426	71	2.315	0.608
32	1.344	2.325	72	2.358	0.589
33	1.359	2.230	73	2.404	0.570
34	1.374	2.141	74	2.451	0.551
35	1.389	2.057	75	2.500	0.533
36	1.404	1.978	76	2.551	0.516
37	1.420	1.903	77	2.604	0.499
38	1.437	1.832	78	2.660	0.482
39	1.453	1.764	79	2.717	0.466
40	1.471	1.700	80	2.778	0.450



Издание 3, 2010 год. www.metso.com

Информация, содержащаяся в данном документе, может изменяться без предварительного уведомления. Чертежи выполнены Европейским способом проектирования. Запрещается воспроизводить любую из частей данного документа в любом виде без разрешения Metso.

© Metso Corporation. Все права сохранены. € 20.