



Справочник по шламу

ИНСТРУКЦИЯ ПО ПОДБОРУ ШЛАМОВОГО НАСОСА

FLYGT
a xylem brand



Шлам

Смесь твердых частиц
и жидкости, обычно воды.

Частицы могут быть
как абразивными,
так и не абразивными.

Содержание

| | |
|--|-----------|
| Введение | 4 |
| » Шламовые насосы | 5 |
| » Применения | 5 |
| » Типы шламовых насосов..... | 6 |
| Шламовые насосы Flygt..... | 8 |
| » Электродвигатель | 9 |
| » Гидравлическая часть..... | 13 |
| Свойства шлама | 15 |
| » Параметрышлама..... | 16 |
| » Характеристики шлама | 18 |
| » Особенности жидкостей..... | 20 |
| Шламовые насосные системы..... | 21 |
| » Основныехарактеристикинасоса..... | 21 |
| » Расчет..... | 22 |
| » Конструкциясистемы | 23 |
| » Подбор насоса | 25 |
| » Другие параметры..... | 26 |
| Инструкция по применению..... | 30 |
| » Типы установки | 30 |
| » Областип рименения | 31 |
| Приложение..... | 36 |
| » Поэтапный расчет..... | 36 |
| » Указатель..... | 45 |
| » Обозначения и формулы..... | 46 |
| » Опросный лист по шламовым насосам..... | 47 |

Введение

- Где используются шламовые насосы?
- Могут ли погружные шламовые насосы заменить другие типы насосов?
- Какие части особенно важны в погружном шламовом насосе?
- Как можно классифицировать шламовые жидкости?
- Какие параметры шламовой жидкости и трубопровода необходимы для того, чтобы они идеально соответствовали насосу?

Задача данной книги, говоря простым языком, состоит в описании шламовых насосов, процесса транспортировки шлама, а также различных параметров, необходимых при выборе погружных шламовых насосов с использованием программы по подбору насосов Xylect.

Для обеспечения более глубокого понимания расчетов, в приложении к данной книге дан пример самостоятельного расчета.

Если Вы не уверены по поводу типа шламовой жидкости, выбора насоса, конструкции трубопровода и т.п., Вы можете всегда обратиться за консультацией в службу поддержки компании Flygt.

Шламовые насосы

Шламовые насосы представляют собой усиленную и надежную версию центробежных насосов, способных выполнять перекачивание тяжелых и абразивных сред. Шламовые насосы также рассматриваются как общий термин, чтобы выделить их среди других центробежных насосов, более приспособленных к работе с чистыми жидкостями.



Применения

Шламовые насосы используются для перемещения смесей жидкости и твердых частиц во многих отраслях промышленности с широким спектром применения, например, при дренаже шахтных вод, очистке хвостохранилищ, очистке зумпфов с оседающими частицами шлама.



Целью применения может быть:

- Перекачивание среды, в которой присутствуют абразивные частицы
- Транспортировка как можно большего количества твердых частиц, гидравлическим путем
- Перекачивание конечного продукта в рабочем процессе

Погружные насосы Flygt используются в самых различных промышленных областях, таких как:

- Металлургия
- Энергетика
- Целлюлозно-бумажная промышленность
- Нефтегазовая промышленность
- Очистка сточных вод
- Горнодобывающая промышленность
- Обогащение полезных ископаемых
- Строительство

Глава 5 — Инструкция по применению — дает краткий обзор некоторых наиболее распространенных отраслей и областей применения шламовых насосов.

Типы шламовых насосов

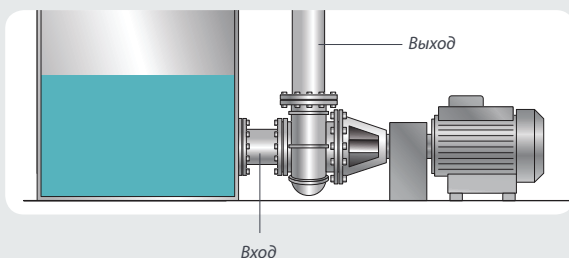
Три основных типа насосов используются для откачки шлама:

- Горизонтальные шламовые насосы
- Вертикальные шламовые насосы
- Погружные шламовые насосы

Горизонтальные шламовые насосы

Данные типы насосов часто называются насосами сухого монтажа, поскольку гидравлическая часть и электродвигатель размещены вне зумпфа. Это основная группа шламовых насосов, и они доступны для широкого диапазона параметров напора и расхода перекачиваемой жидкости, а также вариантов используемых материалов. Данные типы насосов обычно используют стандартизированные электродвигатели и уплотнения.

На предприятиях, где присутствует риск затопления, могут быть причины для замены насоса сухого монтажа погружным шламовым насосом.

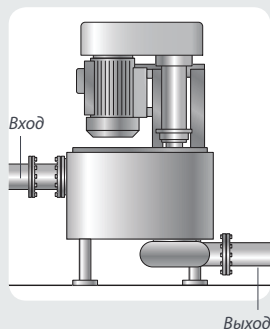


Вертикальные шламовые насосы

Данный тип насосов может быть разделен на две основные группы:

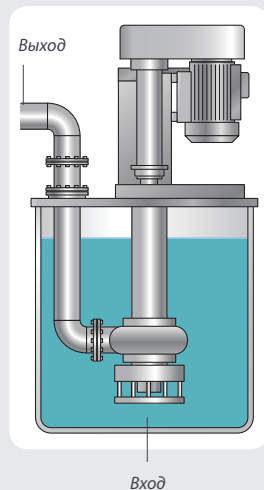
- Насосы с зумпфом
- Полупогружные насосы

Насосы с зумпфом считаются насосами сухого монтажа. Шламосборник встроен в насос. Открытый зумпф и вертикальное входное отверстие обеспечивают хорошую деаэрацию и бесперебойную работу. Нет погружных подшипников и уплотнений вала, присутствует длинный вал от нижнего подшипника до рабочего колеса.



Полупогружные насосы считаются насосами полусухого монтажа, поскольку гидравлическая часть погружена в шлам, в то время как электродвигатель и опора насоса монтируются в сухом месте. Подобно насосам с зумпфом здесь нет погружных подшипников или уплотнений вала и есть длинный вал. В зависимости от размеров насосы монтируются с опорной плитой поверх отстойника, либо закрепленными на дополнительной опоре. Полупогружные насосы имеют ряд недостатков, которые вынуждают заменять их погружными насосами:

- Большое расстояние между двигателем и корпусом (улиткой) насоса делает насос неудобным в обращении.
- Ограниченный доступ к зумпфу. Возникают проблемы с загрязнением при использовании в отстойниках глубже 2 метров.
- Не водонепроницаемый. Затопление повредит двигатель.
- Высокий уровень шума.



Почему погружной?

Некоторые пользователи шламовых насосов могут иметь весьма ограниченные представления о погружных шламовых насосах. Поэтому важно выдвигать аргументы в пользу идеи погружной конструкции.

Погружные насосы предоставляют множество преимуществ в сравнении с насосами сухого и особенно полупогружного монтажа (консольные):

- Работая непосредственно в шламовой жидкости, погружные шламовые насосы не требуют никаких опорных конструкций. Поэтому они занимают меньше пространства.
- Двигатель и корпус насоса представляют собой единый блок, компактный и простой в установке.
- Работа под водой означает низкий уровень шума, либо полностью бесшумную работу.
- Двигатель, охлаждаемый перекачиваемой жидкостью, позволяет выполнять до 30 пусков в час, вследствие чего можно использовать менее габаритные и более эффективные зумпфы.
- Гибкая установка с несколькими типами монтажа, при этом все они либо переносные, либо полу-стационарные.
- Возможность использовать Технологию "Чистый зумпф" (см. стр. 28).



Вся нижеследующая информация, а именно технические описания, примеры расчетов и т.п. применима к погружным шламовым насосам

Шламовые насосы Flygt

Основное отличие между шламовыми насосами и насосами для сточных вод заключается в тех частях, которые непосредственно контактируют со шламом, и тем самым подвергаются износу со стороны твердых частиц шлама.

Важные особенности шламовых насосов, такие как охлаждение, уплотнения и особенно конструкция гидравлики, описаны в данной главе.

Серия Flygt 5150 погружных насосов оснащена агитатором

Электродвигатель

Рубашка охлаждения

Уплотнение

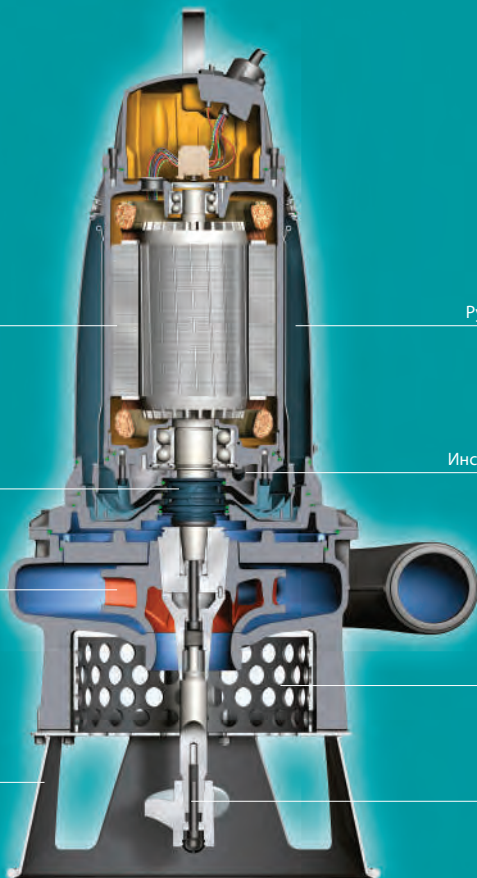
Инспекционная камера

Рабочее колесо

Сетчатый фильтр

Стенд

Агитатор



Электродвигатель

Важные особенности двигателей шламовых насосов:

- Эффективное охлаждение
- Класс изоляции

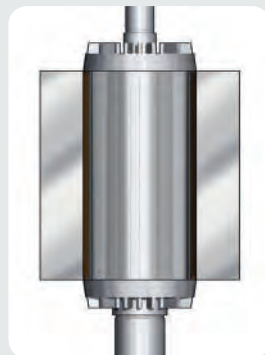
Эффективное охлаждение

Водяное охлаждение существенно лучше воздушного. Оно дает двигателю эффективную мощность и сравнительно низкую температуру. В двигателе Flygt диаметр ротора больше, а статор тоньше, чем в стандартных двигателях. Это направляет большую часть потерь (тепловыделение) к статору и к окружающей охлаждающей жидкости. Небольшое расстояние передачи тепла делает охлаждение более эффективным и поддерживает низкую рабочую температуру.

Насос может охлаждаться тремя способами в зависимости от температуры шлама и других факторов:

- Насосы, работающие полностью погруженными в шлам, охлаждаются перекачиваемой жидкостью. Температура шлама не может превышать 40°C.
- Насосы, работающие с не полностью погруженным в среду двигателем, могут быть оборудованы внутренней рубашкой охлаждения, в которой циркулирует (5100/5150) охлаждающая жидкость (монопропиленгликоль).
- Насосы, работающие при низком уровне и высокой температуре шлама, либо насосы сухой установки могут охлаждаться с использованием внешнего источника охлаждающей жидкости, подключенного к рубашке охлаждения.

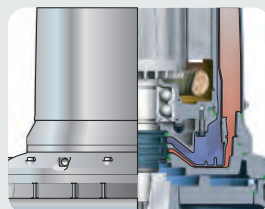
Способы использования различных методов охлаждения описаны на странице 27.



Стандартный электродвигатель



Электродвигатель Flygt



Насос с внутренней системой охлаждения

Изоляция

Класс изоляции Н (180°C) применяется к обмотке статора благодаря системе капиллярной пропитки. Насос Flygt имеет ограничение двигателя для класса В (140°C - температура срабатывания защитных термоконтрактов обмоток статора), которое снижает тепловое напряжение и тем самым увеличивает срок службы.

Капиллярный метод пропитки дает возможность более тщательного заполнения пространства между витками обмоток изолирующим материалом, следовательно позволяет уменьшить количество воздушных полостей. Это обеспечивает более высокую защиту от коротких замыканий в обмотке.

Вал и подшипники

Важные особенности валов и подшипников:

- Конструкция и определение размеров вала
- Тип подшипника и защита

Конструкция и определение размеров вала

Вал и подшипники имеют прочную конструкцию. Расстояние между нижним подшипником и рабочим колесом минимальное, что устраняет какие-либо отклонения вала. Это обеспечивает долгий срок службы механического уплотнения и подшипника, низкую вибрацию и бесшумную работу насоса.

Тип подшипника и защита

Все шламовые насосы в качестве основных подшипников используют двухрядные радиально-упорные шарикоподшипники, поскольку они дают возможность выдерживать высокую нагрузку как в радиальном, так и в осевом направлении.

Подшипники хорошо защищены с помощью высокоэффективной смазки на весь срок службы подшипника.



Вал и подшипники насоса

Уплотнения

Важные особенности уплотнителей шламовых насосов:

- Низкий или даже нулевой уровень протечки!
- Износостойкость

Протечка и износостойкость

В сочетании с интенсивностью протечки, наиболее важным свойством уплотнения при использовании в шламовых жидкостях является устойчивость к износу при воздействии абразивных частиц.

Уплотнения для шламовых насосов сконструированы так, чтобы справиться с высоко абразивной средой насоса. Только уплотнительные кольца подвергаются воздействию среды. Другие части уплотнения, такие как пружины и фиксаторы крутящего момента защищены от износа, засорения и коррозии внутри корпуса блока уплотнения.

Кроме того, зона изоляции принимает давление со стороны механического уплотнения.

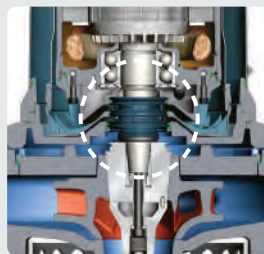
Механическое уплотнение картриджного типа Plug-in™ (5100/5150) - быстрый и простой в обращении. Поверхность уплотнения закрыта и не может быть загрязнена или повреждена при обслуживании. Уплотнительные кольца всегда надлежащим образом выровнены во избежание протечек.

Система Active Seal™ предлагает повышенную надежность уплотнения и предотвращает протечку жидкости в двигатель, тем самым снижает риск повреждения подшипника и статора.

Характерной особенностью системы Active Seal™ является вращающееся внутреннее уплотняющее кольцо с лазерными насечками, которые действуют как микронасос, постоянно предотвращающий попадание жидкости в двигатель.

Все это в дополнение к:

- Пониженному времени простоя
- Меньшему числу осмотров, необходимых для обслуживания
- Меньшему числу внеплановых проверок технического обслуживания
- Снижению ваших эксплуатационных затрат



Уплотнение Plug-in™ (5100/5150)

Системы защиты

Важные особенности системы защиты шламовых насосов:

- Возможность обнаружения протекающего уплотнения до того, как будет причинен какой-либо ущерб
- Защита уплотнений Spin-out™
- Защита от перегрева

Возможность обнаружения протекающего уплотнения

5500: В области, содержащей охлаждающее масло над уплотнением, есть датчик, который выдает предупреждение в случае попадания воды. Кроме того, масло обесцвечивается водой в случае протечки, и это можно увидеть через смотровое отверстие на боковой части насоса.

Протекание в корпусе статора: если вода обнаружена, поплавковый выключатель отключает насос.

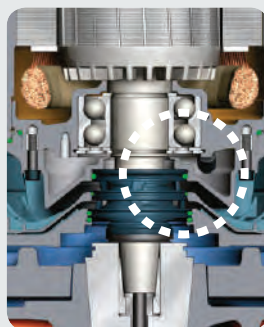
5100/5150: Инспекционная камера между блоком уплотнения и подшипниками имеет встроенный датчик для раннего обнаружения протечки жидкости. Рабочее пространство можно осматривать и сливать через отверстие, которое доступно снаружи.

Защита уплотнений Spin-out™

Запатентованная конструкция внешнего уплотнения, которая защищает уплотнение благодаря удалению абразивных частиц.

Защита от перегрева

Тепловые термодатчики встроены в обмотки статора для предотвращения перегрева.



Инспекционная камера,
5100/5150



Защита уплотнений Spin-out™

Конструкция гидравлической части

Важные особенности гидравлической части шламовых насосов:

- Эффективность
- Износостойкость
- Агитатор

Эффективность

Перекачиваемый шлам может вызвать заметное снижение КПД гидравлической части насоса. Рабочее колесо Flygt сконструировано так, чтобы минимизировать это снижение. Более высокие показатели КПД насоса также коррелируют с более низкими коэффициентами износа.

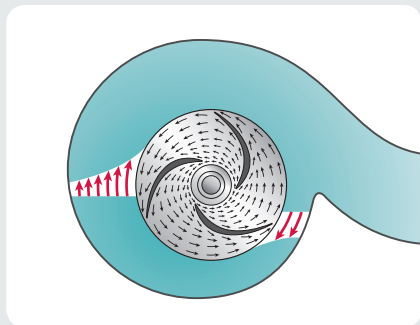
Износостойкость

Опыт показывает, что конструкция рабочего колеса и улитки насоса также важны для снижения коэффициента износа, как и выбор материала.

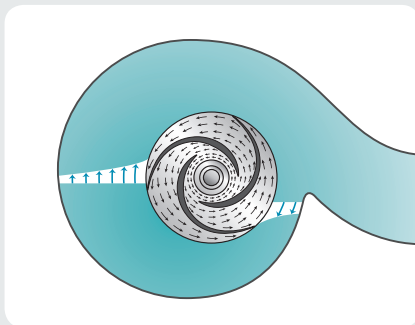
Форма рабочего колеса, используемого в работе со шламом важна для обеспечения высокой износостойкости и высокого КПД гидравлической части. При перекачке шлама жидкая среда движется быстрее, чем твердые частицы. Результат - очень высокая скорость износа. Рабочее колесо Flygt имеет более стреловидную конструкцию лопастей в сравнении с обычными колесами, что обеспечивает более однородный поток между лопастями. Это снижает разделение твердых частиц в перекачиваемой жидкости и ведет к высоким показателям КПД гидравлической части, как следствие, к очень низкому уровню износа.



Колесо шламового насоса



Стандартная конструкция гидравлики заставляет шлам двигаться на высокой скорости



Конструкция гидравлической части компании Flygt снижает скорость шлама

Из-за отклоняющегося от колеса потока частиц взвешенные частицы ударяются о стенку улитки почти под параллельным углом, тем самым снижая линейный износ. Большое расстояние между краем рабочего колеса и внутренней поверхностью корпуса насоса (улитки) также означают более низкую внутреннюю скорость, что в дальнейшем снижает показатели износа.

Изменяемое по диаметрам рабочее колесо (5100/5150) / крышка всаса (5500) дает возможность компенсировать износ и тем самым предотвращает снижение показателей КПД.

Агитатор

Насос может быть оборудован агитатором. Уникальная конструкция агитаторов Flygt создает сильный вертикальный напор, который приводит осевшие твердые частицы во взвешенное состояние. Это упрощает перемещение частиц и гарантирует более чистый зумпф в конце цикла откачки.

Использование агитатора также описано на странице 28.



Стандартное колесо отбрасывает твердые частицы на внутреннюю стенку улитки



Колесо Flygt заставляет твердые частицы продолжать движение вместе с потоком



Агитатор



Свойства шлама

Перекачивание шлама, т.е. жидкости содержащей твердые частицы, предъявляет иные требования к насосу в сравнении с перекачиванием чистой воды.

Надо знать ряд характеристик шлама и системы, чтобы суметь корректно подобрать шламовый насос.

При выборе шламового насоса необходимо знать определенные параметры. Они обсуждаются в данной главе.

“Вопросы по шламовым насосам”, на странице 47, содержат параметры, которые следует включить при выполнении расчетов для шламового насоса. Точность результатов будет выше, если в Вашем распоряжении будут более точные значения этих параметров и как можно в большем количестве. В тех случаях, когда необходимо сделать некоторые допущения, важно, чтобы заказчик был о них проинформирован. Всегда есть возможность отправить образцы для полного реологического исследования в лабораторию компании Хулет в Швеции..

Параметры шлама

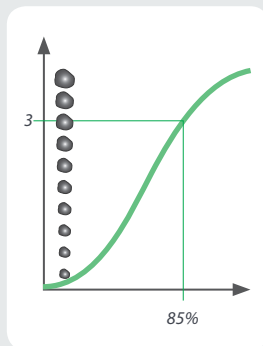
Нижеследующие параметры должны быть определены в ходе расчетов для применения шламового насоса.

Размер и распределение частиц

Размер частиц d_{50} (d_{85}) это мера процентного содержания в шламе частиц строго определенного размера или меньше.

Значение определяется путем просеивания твердых частиц через сита с отверстиями различного диаметра, а затем взвешивания каждой фракции. Далее можно начертить характеристику ситового состава и увидеть процентное содержание частиц различных размеров.

Например: $d_{85} = 3$ мм означает, что 85% частиц имеет диаметр 3 мм или меньше.



Характеристика ситового состава

Массовая доля малых частиц

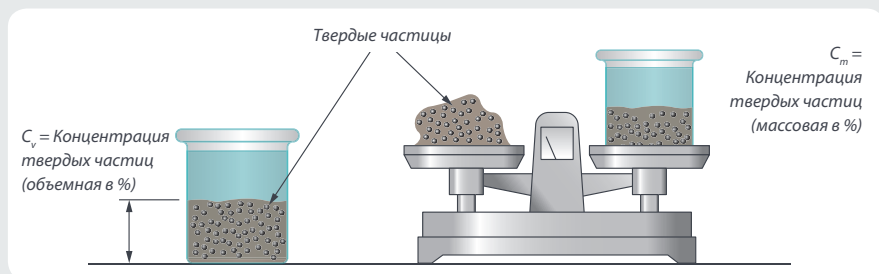
Доля частиц диаметром менее, чем 75 мкм.

Важно определить процентное содержание малых частиц в шламе. Частицы диаметром менее 75 мкм могут до некоторой степени содействовать перемещению частиц большего размера. Однако, если процентное содержание частиц диаметром менее 75 мкм превышает 50%, характер шлама меняется в сторону не осаждающейся суспензии.

» Не осаждающаяся суспензия, см. страницу 18

Концентрация твердых частиц

Концентрация частиц в шламе может быть измерена как Объемная в %, C_v и массовая в %, C_m .



Плотность/Удельный вес

Твердые частицы

Плотность твердых частиц указывается как удельный вес сухих частиц. Это переменная, SG_s , определяется путем деления плотности твердых частиц на плотность жидкости.

Вода

Плотность воды 1000 кг/м^3 . SG воды -1 при 20°C . Значение меняется при изменении температуры.

Шлам

Удельный вес шлама может быть определен с использованием номограммы (см. страницу 39) или рассчитан (см. страницу 38). Два из значений SG_s , C_v и C_m , должны быть известны.

SG_{sl} рассчитывается на основе вышеприведенных значений.

Форма частиц

Форма частиц очень существенна для того, как будет вести себя шлам при транспортировке, а также для износа насоса и системы трубопровода.

Фактор формы указывает на отклонение частиц шлама от идеальной сферы.



Песок



Слюда

Характеристика шлама

Шламы могут быть разделены на два типа - осаждающиеся и не осаждающиеся, в зависимости от параметров, упомянутых на предыдущих страницах..

Не осаждающийся шлам

Шлам, в котором твердые частицы не оседают на дно, а остаются в суспензии в течение длительного времени. Не осаждающийся шлам ведет себя как однородная, вязкая среда, но по характеристикам как неньютоновская жидкость (см. страницу 20).

Размер частиц: менее 60-100 мкм.

Не осаждающийся шлам может быть определен как однородная смесь.

Однородная смесь

Смесь твердых частиц и жидкости, в которой твердые частицы равномерно распределены.

Осаждающийся шлам

Данный тип шлама быстро осаждается в течение периода времени, соответствующего процессу, но может удерживаться в состоянии суспензии за счет турбулентности. Размер частиц: более 100 мкм.

Осаждающийся шлам может быть определен как Псевдооднородная или неоднородная смесь и может полностью или частично расслаиваться.

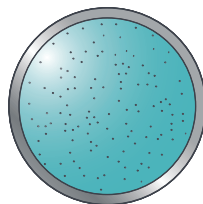
Псевдооднородная смесь

Смесь, в которой все частицы находятся в суспензии, но их концентрация увеличивается по направлению к дну.

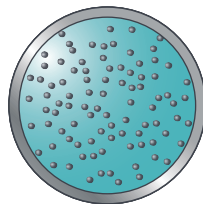
Неоднородная смесь

Смесь твердых частиц и жидкости, в которой твердые частицы распределены неравномерно и склонны концентрироваться на дне трубы или емкости).

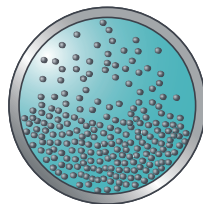
НЕ ОСАЖДАЮЩИЙСЯ ШЛАМ



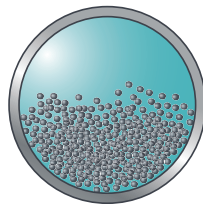
Однородная смесь



Псевдооднородная смесь



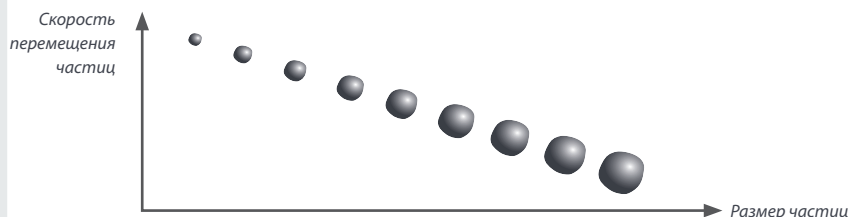
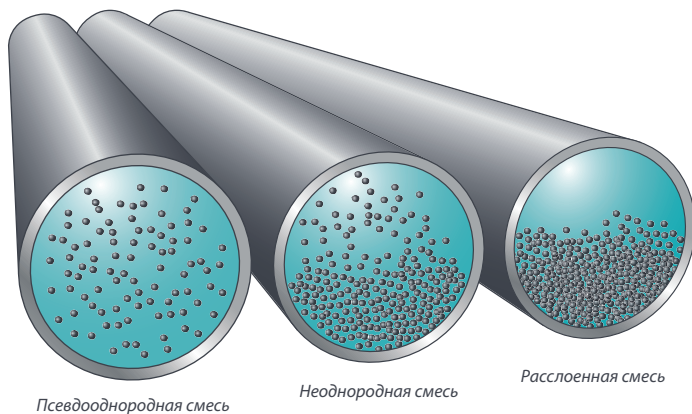
Неоднородный поток, частично расслаиваемый



Неоднородная смесь, полностью расслаиваемая

ОСАЖДАЮЩИЙСЯ ШЛАМ

График показывает поведение различных типов шлама в зависимости от размера частиц и скорости их перемещения



Высокая скорость перемещения и/или частицы малых размеров означают, что все частицы находятся в суспензии. Шлам ведет себя как псевдооднородная смесь.

При большем размере частиц и более низкой скорости перемещения проявляется тенденция к увеличению концентрации по направлению к дну трубы или к механическому контакту с дном трубы. Шлам ведет себя как неоднородная смесь.

При низкой скорости перемещения и при большем размере частиц шлам имеет тенденцию к сгущению/скольжению. Шлам, состоящий из крупных частиц, может оседать на дне трубы и наслаиваться друг на друга, что может привести к полному зашламовыванию трубы.

Особенности жидкости

За исключением плотности (см. страницу 17) параметры жидкости определяются ее вязкостью.

Жидкости непрерывно меняют форму, пока на них действует сила. Говорят, они текут. Когда течение имеет место в жидкости, его противопоставляют внутреннему трению, возникающему при сцеплении молекул.

Это внутреннее трение - свойство жидкости именуемое вязкостью.

Вязкость жидкостей быстро уменьшается с увеличением температуры.

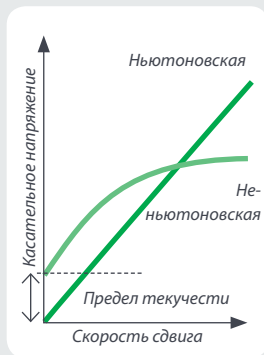
Ньютоновские жидкости

Ньютоновские жидкости создают касательное напряжение, линейное и пропорциональное градиенту скорости, или скорости сдвига. Вода и большинство жидкостей - ньютоновские.

Неньютоновские жидкости

Некоторые жидкости, такие как шламы на водной основе, не подчиняются простой зависимости между касательным напряжением и скоростью сдвига (сравните с не осаждающимся шламом, страница 18). Они называются не-ньютоновскими жидкостями.

Некоторые не-ньютоновские жидкости имеют уникальное свойство - не течь, пока к ним не будет приложено минимальное касательное напряжение. Это минимальное касательное напряжение известно как предел текучести.

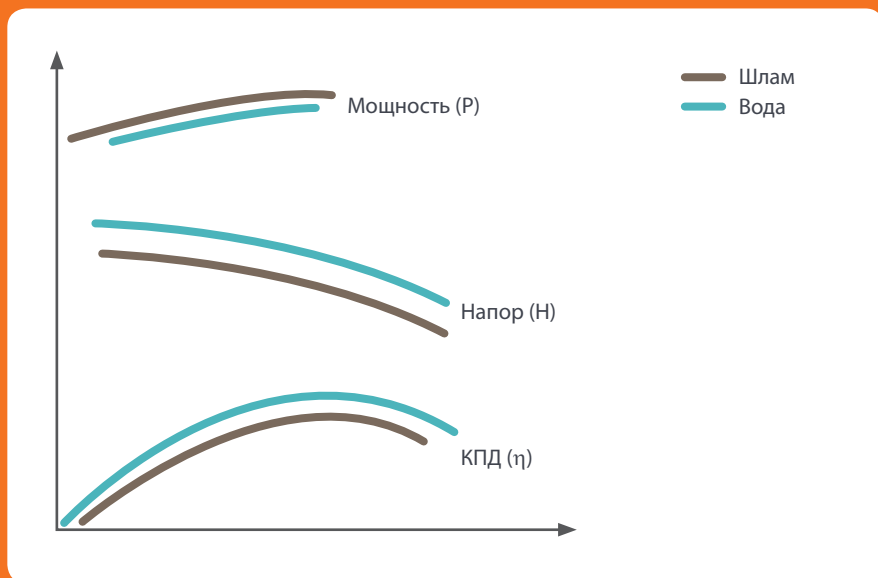


Шламовые насосные системы

Основные характеристики насоса

Характеристики центробежного насоса, перекачивающего шлам, отличаются от характеристик насоса, работающего с чистой водой, в зависимости от количества твердых частиц в шламе. Это отличие определяется свойствами шлама (размеры частиц, плотность и форма, как это было описано в предыдущей главе).

Факторы, которые оказывают влияние - мощность (P), напор (H), и КПД (η). Различия между шламом и водой схематически показаны на графиках ниже.



Расчет

Чтобы уметь определять необходимые характеристики насоса, который будет корректно функционировать с определенным типом шлама в конкретной системе трубопровода, следует получить данные о шламе (глава 3), а также информацию о напоре, требуемом потоке и конструкции системы трубопровода. Корректно рассчитанный шламовый насос должен быть в состоянии преодолевать потери, вызванные трением в трубах и клапанах. Также важно, чтобы скорость потока не падала ниже критической скорости (см. страницу 24), в противном случае будет происходить седиментация (осаждение). Важно, чтобы все параметры шлама и системы трубопровода были указаны настолько точно, насколько это возможно. В тех случаях, когда необходимо сделать некоторые допущения в расчетах, важно, чтобы заказчик был о них проинформирован.

» «Вопросы по шламовым насосам» на странице 47 содержат чек-лист, который показывает параметры, которые следует учесть при выполнении расчетов для выбора шламового насоса.



Конструкция системы

Статический напор

Статический напор — это разность высот по вертикали от поверхности источника шлама до точки излива.

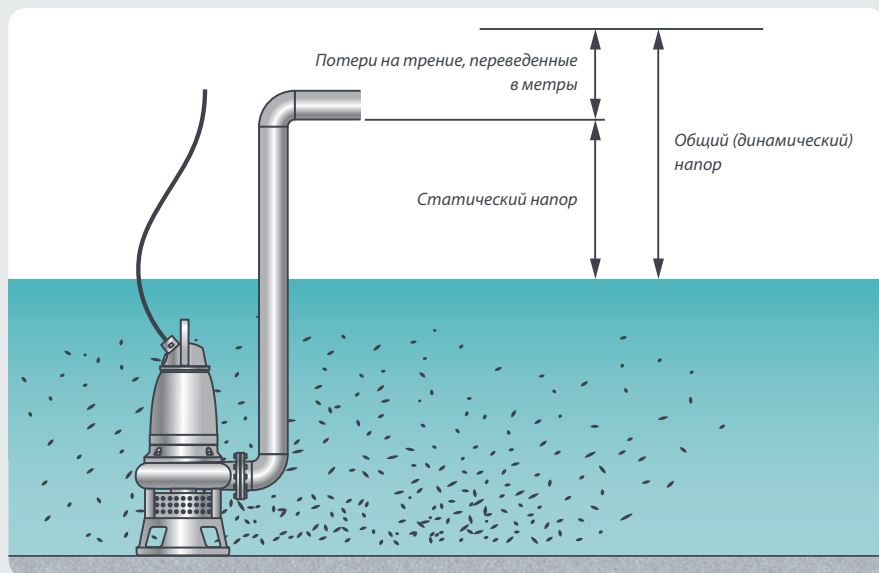
Потери на трение

Когда жидкость начинает течь через напорную линию и клапаны, трение усиливается. При перекачке шлама потери на трение, вызванные шероховатостью труб, изгибов и клапанов, отличаются от соответствующих потерь при перекачивании чистой воды. Выполненные расчеты основаны на собранных значениях параметров.

» Для самостоятельных расчетов потерь на трение для шламов обращайтесь к странице 41.

Общий (динамический) напор

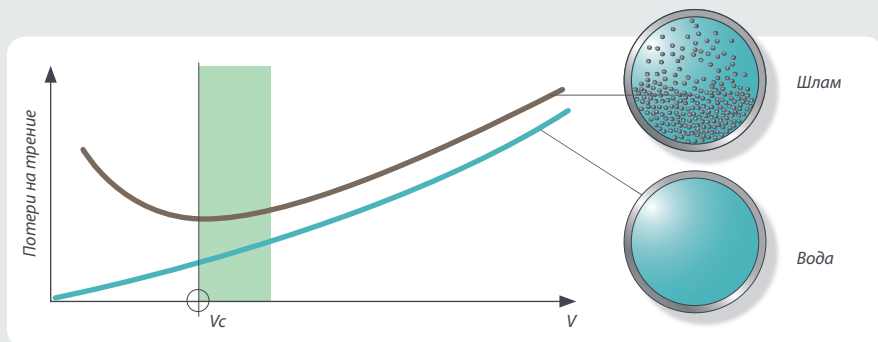
Это значение используется для расчетов насосов и включает статический напор плюс потери на трение, вызванные трубами и клапанами, конвертированные в метры водяного столба.



Критическая скорость

В целом, скорость потока в трубах должна поддерживаться выше определенного минимального значения. Если скорость потока слишком высока, потери на трение будут расти. Это может также усилить износ системы трубопроводов. Слишком низкие скорости потока приведут к отложению осадка в трубах и, как следствие, увеличат потери. Это проиллюстрировано на графике ниже, где критическая скорость (V_c) указывает оптимальную скорость, при которой потери поддерживаются минимальными. При выполнении расчетов для шламового насоса для определенного потока желательную скорость потока (V) следует сравнивать с критической скоростью (V_c) для шлама и системой трубопроводов. Как показывает рисунок ниже, идеальная скорость (обозначенная зеленым) непосредственно выше критической скорости, но с запасом для экстремальных случаев, которые могут возникнуть. Чтобы определить критическую скорость, должны быть известны диаметр трубы и размер частиц (d_{85}). Затем значение корректируется коэффициентом, который зависит от удельного веса твердых частиц.

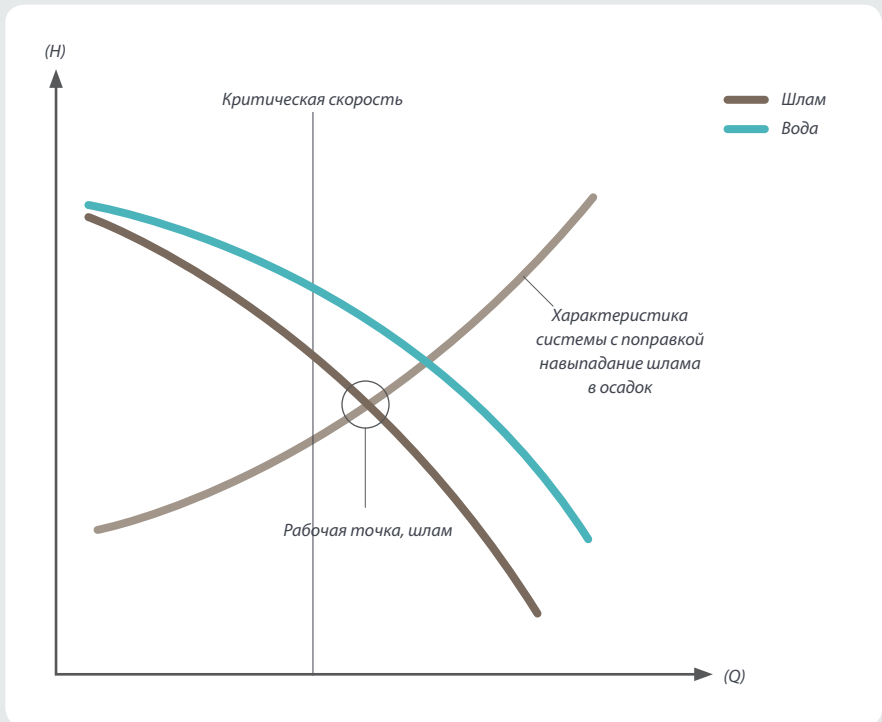
» d_{85} , см. стр. 16



Подбор насоса

После расчетов, представленных на странице 26, Xylect подберет шламовый насос в соответствии с рабочей точкой для чистой воды.

www.xylect.com



- Диаграмма выше схематично показывает:
- характеристику насоса для чистой воды
- приведенную кривую для шлама
- рабочую точку для шлама, т.е. точка в которой кривая характеристик системы и кривая характеристик насоса пересекаются
- характеристику системы

Другие параметры

Помимо текущих расчетных работ, при разработке систем и выборе насосов, следует учитывать большое количество практических моментов.

Допустимый кавитационный запас насоса

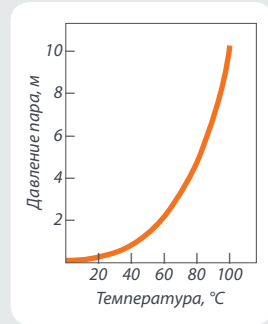
При использовании центробежных насосов важно, чтобы давление на входе в насос превышало давление насыщенных паров жидкости внутри насоса. Необходимое давление на входе, заявленное для насоса, $NPSH_{req}^*$ не должно быть меньше рабочего значения в системе, $NPSH_a^*$.

Рабочее значение зависит от атмосферного давления (высота над уровнем моря), давления насыщенных паров жидкости, плотности шлама и уровня в отстойнике.

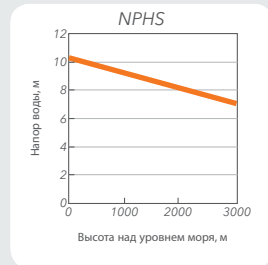
Пример. Перекачивание водосодержащего шлама при высоте 1 000 м над уровнем моря. Температура жидкости 40 °С, уровень жидкости на 2 метра выше входного отверстия насоса.

Формула:

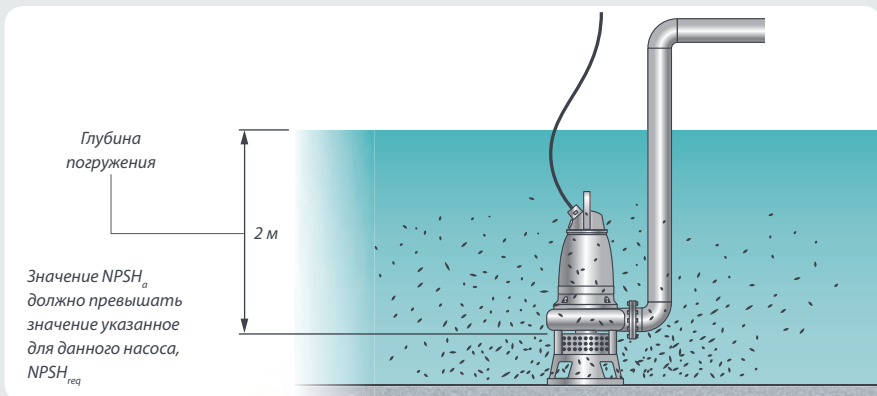
$NPSH_a =$ атмосферное давление – давление пара + уровень в отстойнике, $NPSH_a = 9.2 - 0.4 + 2 = 10.8$



Давление пара для воды при различных температурах



Атмосферное давление в напоре воды на различных высотах.



* $NPSH_{req}$ = NPSH требуемый, $NPSH_a$ = NPSH рабочий

Кавитация

Если $NPSH_a$ ниже, чем $NPSH_{req}$ на входе в рабочее колесо происходит падение давления до давления парообразования и образование пузырьков пара и газа, они схлопываются и могут вызвать повреждение колеса и улитки насоса.

Помимо повреждения насоса кавитация снижает КПД, усиливает вибрацию и шум.

pH и хлориды

Чтобы предотвратить повреждения, вызванные низкими значениями pH, насосы окрашивают эпоксидной краской (pH-предел 5.5). Для высокого содержания хлоридов в дополнение к эпоксидной краске используются цинковые аноды.

Охлаждение

Погружные шламовые насосы стандартного типа обычно могут охлаждаться окружающей средой (шламом), если температура шлама составляет макс. 40 °C.

Однако, есть случаи, когда требуются специальные конструкционные особенности для охлаждения:

1. Если уровень поверхности жидкости ниже статора, постоянно, либо более 10 минут.
2. Сухая установка насоса.
3. Если температура перекачиваемой среды превышает 40°C.

В этих случаях охлаждение может быть организовано с использованием рубашки охлаждения. Насосы типа 5100/5150 могут в вышеупомянутых случаях 1 и 2 охлаждаться внутренней рубашкой охлаждения, а в случае 3 — внешним источником охладителя.

Насосы типа 5500, в случаях 1 — 3 должны охлаждаться с использованием внешнего подвода хладагента.

» Эффективное охлаждение, страница 9
Технология “Чистый зумпф”, страница 28

Износ

Износ внутри шламового насоса меняется в значительной степени в зависимости от скорости, концентрации и угла удара частиц. Износу обычно наиболее сильно подвергается рабочее колесо, затем корпус насоса и напорный патрубок.

Скорость износа и интервалы обслуживания зависят от того, как используется насос. Информирование заказчика о доступности сервиса компании Flygt, а также наличии запасных частей - важная часть процесса продаж.

Переоценка потерь системы

Переоценка потерь системы может приводить к выбору переразмеренного насоса. Это, в свою очередь, может вызвать такие проблемы, как:

- Слишком большой поток
- Больше потребление электроэнергии
- Перегрузка двигателя
- Кавитация

Технология «Чистый зумпф»

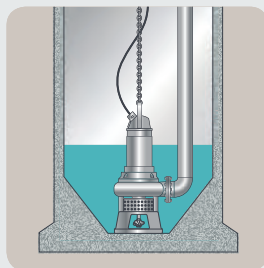
Данная концепция означает эффективное перекачивание шлама без усиливающегося отложения осадка. Шлам поддерживается в состоянии суспензии с помощью агитатора, либо мешалки. Используется совместно с внутренней рубашкой охлаждения насоса и эффективной конструкцией наклонных стен зумпфа, что обеспечивает возможность очищения отстойника более эффективно.

Агитатор

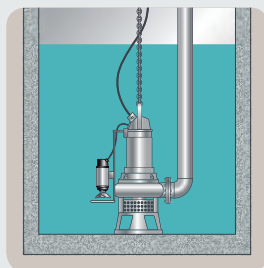
При перекачке тяжелых шламов установленный на валу насоса агитатор перемешивает осевшие частицы и делает возможным их транспортировку.

Мешалка

Для отстойников большего размера с очень твердыми и тяжелыми частицами, где агитатора недостаточно, для предотвращения образования осадка можно закрепить мешалку на корпусе насоса, либо установить отдельно.



Насос с агитатором



Насос с закрепленной на корпусе мешалкой



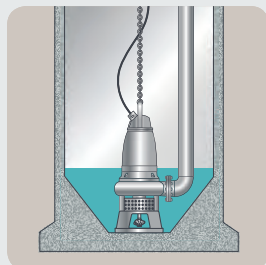
Погружные мешалки Flygt имеют достаточно энергии, чтобы поддерживать отстойники чистыми

Система охлаждения

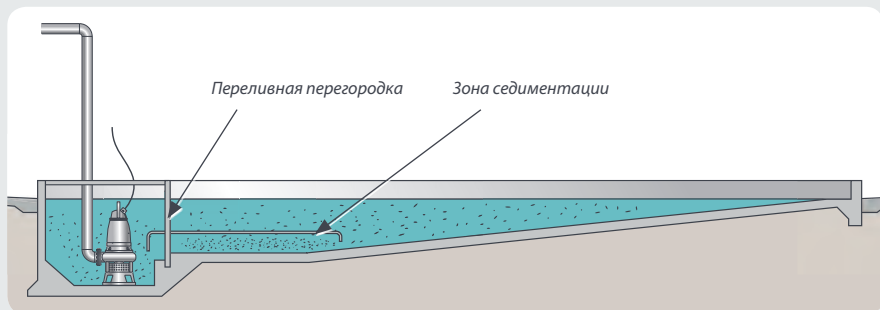
Внутренняя/внешняя система охлаждения означает, что насос может продолжать откачку до низких уровней шлама. См. также раздел Охлаждение на странице 27.

Конструкция отстойника

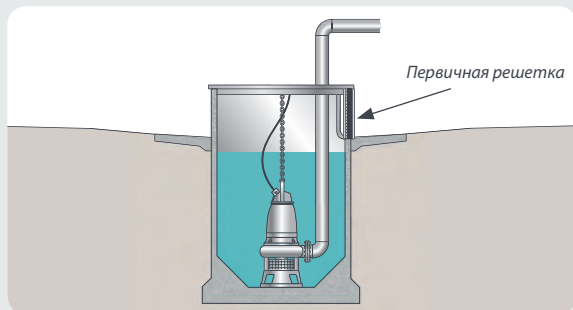
Более крупный, т.н. двухсекционный шламоборник имеет зону седиментации для твердых частиц перед переливной перегородкой, ведущей в меньшую часть, где установлен насос. Зона седиментации дает возможность доступа экскаватору для удаления отложений.



Насос с внутренней системой охлаждения



Отстойники меньшего размера за счет наклонных стен создают турбулентность и высокую скорость в отстойнике, предотвращая осаждение шлама. Оседающие твердые частицы соскальзывают непосредственно в зону под входным отверстием насоса.



Инструкция по применению

Шламовые насосы Flygt могут быть использованы во многих отраслях промышленности и областях применения. Задача этой главы - дать краткий обзор некоторых наиболее распространенных отраслей и областей применения шламовых насосов.

Типы установки

Как уже упоминалось ранее, есть много способов установки погружных шламовых насосов Flygt. Однако, существуют общие правила в отношении установки, которые следует учитывать независимо от области применения.

Сухая установка

Шламовый насос должен всегда устанавливаться с системой охлаждения. Для серии 5500, вода для рубашки охлаждения должна поставляться из внешнего источника. Отверстия зоны изоляции давления должны быть заглушены или подключена внешняя система промывки механического уплотнения.

Продумайте конструкцию зумпфа для подачи шлама. В этом типе установки нельзя использовать агитатор, либо закрепленную на корпусе мешалку.

Погружная установка

Если возможно, зумпф следует оборудовать наклонными стенками, чтобы позволить осаждающимся частицам соскальзывать в область непосредственно под всасом насоса. При наличии высокой концентрации твердых частиц и высокой плотности частиц используйте агитатор. Установленная отдельно или закрепленная на корпусе мешалка - прекрасный вариант для перемешивания твердых частиц, если отстойник крупногабаритный, либо у него нет наклонных стенок.

Мешалка может также помочь агитатору при перекачивании частиц с высокой плотностью.

Плавучая установка (на плоту)

Плавучая установка - один из вариантов для рассмотрения при перекачке осадков из хвостохранилищ. Рекомендуется agitator, а также одна мешалка или более.

Мешалка может быть закреплена на насосе, либо непосредственно на плавучей платформе



Области применения

Металлургия

Насосы для транспортировки прокатной окалины

Вода, поступающая после процесса охлаждения, собирается в отстойниках. Эта вода имеет высокое содержание прокатной окалины, которая обычно очень абразивна. Эти частицы часто разделяются, и вода используется вторично в процессе охлаждения.

Насосы для охлаждающей воды

Охлаждающая вода может иметь высокое содержание абразивных частиц после предыдущего использования.



Удаление осадка хвостохранилищ

Твердые частицы после технологического процесса часто собираются в хвостохранилищах. Это удобно для плавучих установок с использованием агитатора и закрепленной на корпусе насоса мешалкой.



Насосы для охлаждающего масла в процессах обработки

Охлаждающее масло содержащее отходы металлов от шлифовки или подобного этому процесса обработки.

ТЭЦ

Перекачка золошлакоотвала ТЭЦ

Перекачка зольного осадка и воды в хвостохранилища.



Сточная вода

Загрязненная вода с угольных складов, после обогащения угля и зон угольных конвейеров должны собираться и выкачиваться для дальнейшей обработки.

Целлюлозно-бумажные комбинаты

Резервуары и зумпфы для сбора утечек

Черный концентрат от котлов утилизаторов, содержащий песок, пепел, котельный песок и т.п.

Нефть и газ

Перекачка бурового раствора

Возвращение раствора с высоким содержанием абразивных веществ. Насос обычно используется для перекачки раствора из снабжающего транспорта к станции по переработки раствора. Обычно буровой раствор рассматривается как однородный шлам.

Станция по очистке сточных вод

Отстойник для песка / канализационная песколовка

Насосы установленные после блока первичной очистки для перекачивания осадка твердых частиц.



Горные работы

Откачка более густых шламов из отстойника

Очистка водосборника от осадка твердых частиц

Подходит для плавучих установок с использованием агитатора и закрепленной на корпусе насоса мешалки.

Обогащение полезных ископаемых

Водоотлив с нулевого уровня на перерабатывающих заводах

Следите за более крупными и тяжелыми объектами и частицами, которые могут осесть на дне отстойника.

Если возможно, закрепите крышку сетчатого фильтра в верхней части отстойника или сортировочное сито.

При рекомендации наших шламовых насосов для жидкостей с низким pH, с высоким содержанием хлоридов (т.е. морской воды), и в случаях, когда шлам содержит сульфид меди (используется в флотационных процессах), обратите внимание на рекомендации на странице 27 или обратитесь в службу поддержки компании Flygt.

Если шлам пенистый, объемная емкость зумпфа должна быть, по крайней мере, удвоена.

Укажите, если возможно, нашу технологию “Чистый зумпф” (чтобы минимизировать накопление осадка).

Возврат шлама в процесс из хвостохранилища

Подходит для плавучих установок с использованием агитатора и закрепленной на корпусе насоса мешалки.



Карьеры (щебень, песок и гравий)

Дноуглубительные работы

Подходит для плавучих установок с использованием агитатора и закрепленной на корпусе насоса мешалки.

Карьерные зумпфы

Подходит для плавучих или стационарных установок для перекачивания грунтовых и паводковых вод с содержанием твердых частиц.

Откачка отстойников на установках по переработке бетона

Подходит для перекачки шламов из песка и твердых частиц цемента для переработки вторичного цемента.

Используется в сочетании с погружной мешалкой.

Приложение

Поэтапный расчет

См. страницу 37, для использованных в примере значений.

1. Определите SG/плотность жидкости. Если плотность неизвестна, ее можно определить.
2. Рассчитайте критическую скорость, используя таблицу и график. Выберите диаметр трубы так, чтобы скорость в трубе была выше критической скорости осаждения. Если критическая скорость слишком низкая, то потери на трение, износ, а также риск зашламовывания возрастают.
3. Рассчитайте общий динамический напор жидкости, который представляет собой сумму статических напоров жидкости, потери в системе трубопровода, и давления на выходе из трубы (если требуется). Потери в системе трубопровода состоят из потерь на трение и потерь, вызванных фиттингами такими, как изгибы труб, клапаны и т.п. Потери на трение могут быть установлены с помощью графика. Если концентрация больше 15% по объему, значение следует скорректировать, используя график коэффициента пересчета. Для перекачки шламов следует выбирать изгибы труб с большим радиусом и запорную арматуру со свободным проходом. При таком подходе в оценке общих потерь потерями в фиттингах можно пренебречь.
4. Теперь требуемая рабочая точка установлена. Если концентрация твердых частиц превышает 15% по объему, напор снижается. Разделив полный динамический напор на коэффициент снижения напора, получите эквивалент напора насоса с чистой водой.

» Стр. 38, 39

» Стр. 40

» Стр. 41

» Page 42

5. Теперь можно выбрать насос, основываясь на значениях расхода и напора, полученных выше. Следует также обдумать обсуждаемый тип условий установки насоса. Суммарные рабочие затраты, включая износ, техническое обслуживание оборудования и потребление энергии одинаково важные моменты для принятия решения.

» Стр 43

6. Графики мощности для насосов основаны на расчетах для чистой воды и должны быть умножены на удельный вес шлама для получения соответствующего значения для перекачки шлама. Обычно следует ожидать изменений в составе шлама и, как следствие, иметь относительно большой двигатель. Компания Xylem рекомендует двигатель с 20% запасом мощности для использования в шламовых жидкостях.

» Стр 44

ПРИМЕР

Подберите шламовый насос для угольной шахты, перекачивающий угольный шлам.

Данные от заказчика:

| | |
|--|--------------|
| Напряжение | 380 В, 50 Гц |
| Темп. воды | макс. 40° |
| Концентрация тв. частиц по объему | $C_v = 30\%$ |
| Плотность тв. частиц: 1800 кг/м ³ | $SG_s = 1.8$ |
| Требуемая производительность | $Q = 50$ л/с |
| Статический напор | $H_s = 22$ м |
| Диаметр трубы | 150 мм |
| Блина трубы | $L = 50$ м |
| Размер твердых частиц | $d_{85} = 1$ |

Все эти значения используются в примере на последующих страницах.

1. Удельный вес (SG) шлама

Определите удельный вес шлама. Используйте нижеприведенную формулу, либо номограмму на следующей странице.

Удельный вес - это плотность определенного материала, нормированная по плотности воды.

Пример: Плотность угля обычно составляет 1800 кг/м^3 .
Тогда SG угля - 1.8.

$$SG_{sl} = 1 + C_v(SG_s - 1)$$

or

$$SG_{sl} = \frac{SG_s}{SG_s - C_m(SG_s - 1)}$$

SG_{sl} = Удельный вес шлама

SG_s = Удельный вес сухих частиц

C_v = Концентрация твердых частиц по объему

C_m = Концентрация твердых частиц по весу

$$\frac{SG_{sl}}{SG_s} = \frac{C_v}{C_m}$$

ПРИМЕР

Определите удельный вес (SG) шлама

$$SG_{sl} = 1 + C_v(SG_s - 1) = 1 + 0.3(1.8 - 1) = 1.24$$

Вы можете также использовать номограмму 1а на следующей странице.

Номограмма, показывающая соотношение концентрации к удельному весу в водосодержащих шлаках.

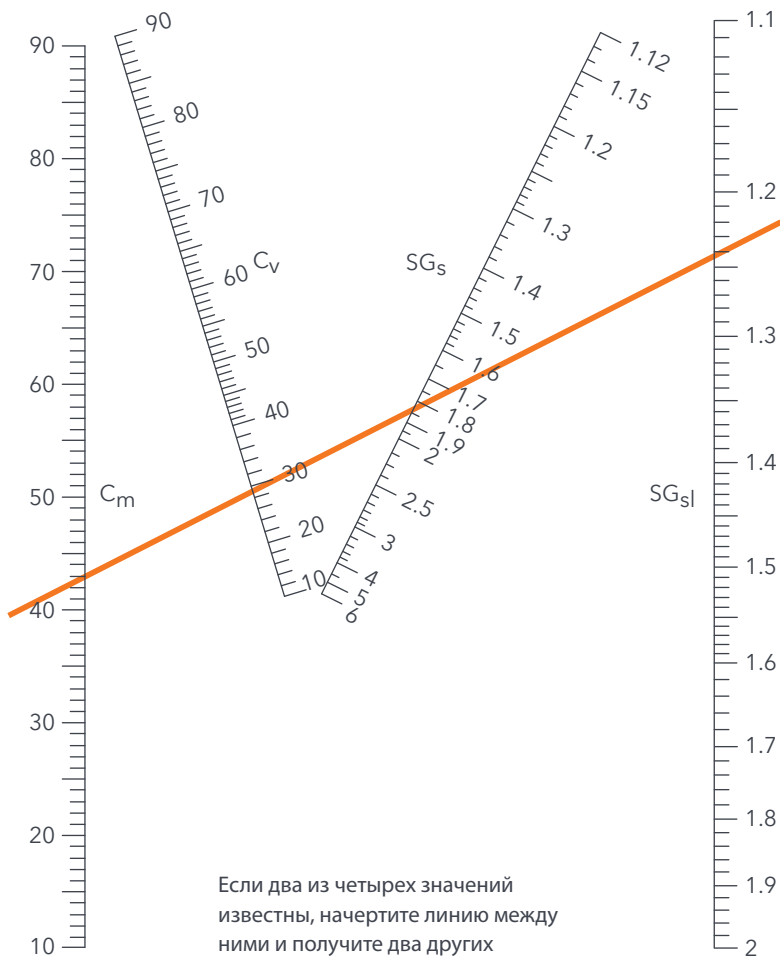


Схема 1а

2. Критическая скорость

Рассчитайте критическую скорость, используя нижеприведенные таблицу и график. Выберите диаметр трубы так, чтобы скорость в трубе была выше критической скорости осаждения частиц. Если критическая скорость слишком низкая, то потери на трение, износ, а также риск зашламовывания возрастает.

Критическая скорость (V_{cr}) м/с (для d_{85} и $SG_5=3$)

| Диаметр трубы | | Размер частиц при d_{85} | | | | | | | |
|---------------|-------|----------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| мм | дюймы | Сетка | 65 | 48 | 32 | 24 | 16 | 9 | <4 |
| | | мм | 0.2 | 0.3 | 0.5 | 0.7 | 1.0 | 2.0 | >5 |
| 25 | 1 | Критическая скорость | 1.3 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.4 |
| 50 | 2 | | 1.3 | 1.7 | 1.8 | 1.8 | 1.8 | 1.8 | 1.8 |
| 75 | 3 | | 1.6 | 1.8 | 1.9 | 1.9 | 1.9 | 1.9 | 1.9 |
| 100 | 4 | | 1.7 | 1.9 | 2.0 | 2.1 | 2.1 | 2.1 | 2.1 |
| 150 | 6 | | 1.7 | 2.0 | 2.1 | 2.4 | 2.4 | 2.4 | 2.4 |
| 200 | 8 | | 1.8 | 2.0 | 2.3 | 2.5 | 2.5 | 2.5 | 2.5 |
| 300 | 12 | | 1.8 | 2.1 | 2.4 | 2.7 | 2.8 | 3.0 | 3.0 |
| 400 | 16 | | 1.8 | 2.1 | 2.5 | 2.8 | 2.9 | 3.1 | 3.6 |

Таблица 2а

Поскольку SG_5 ниже 3, необходимо сделать коррекцию значения согласно графику (2б).

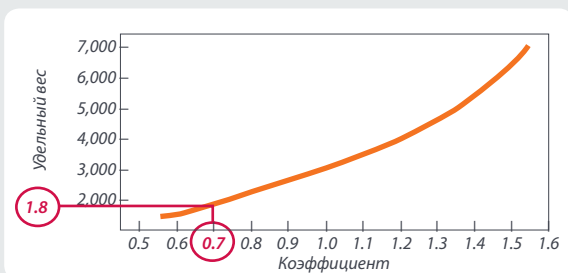


График 2б

ПРИМЕР

Убедитесь, что скорость в трубе выше критической скорости.

Диаметр трубы: 150 мм

Размер твердых частиц: $d_{85} = 1$

$V_{cr} = 2.4$ м/с (таблица 2а)

Поправочный коэффициент

Плотность твердых частиц: $1800 \text{ кг м}^3 = SG_5 = 1.8 \Rightarrow$ коэффициент 0.7 (график 2б)

Критическая скорость, используя поправочный коэффициент 0.7

$V_{cr} = 2.4 \times 0.7 = 1.7$ м/с

Скорость потока $V = \frac{Q}{A^*} = \frac{50 \times 10^{-3}}{3.14 \times 0.075^2} = 2.8$ м/с

2.8 м/с > 1.7 м/с Условие выполняется!

*А площадь поперечного сечения трубы

3. Общий динамический напор

Определите общий динамический напор, путем сложения потерь на трение и статического напора.

График (3а) показывает потери на трение для чистой воды, эти значения должны умножаться на поправочный коэффициент для шлама (график 3б).

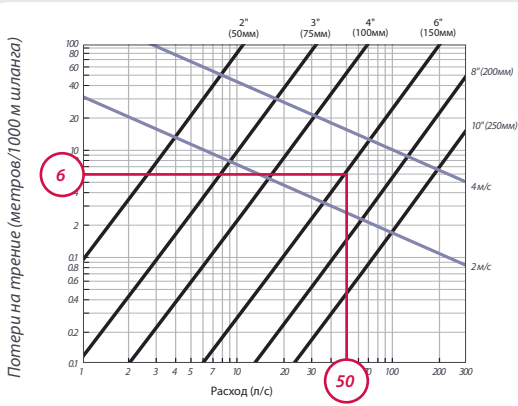


График 3а

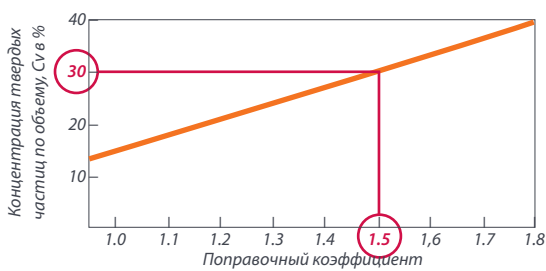


График 3б

ПРИМЕР

Потери на трение

Для стальных труб с диаметром 150 мм и скоростью потока, $Q=50$ л/с, верхний график (3а) показывает потери на трение для чистой воды:
 $60 \text{ м}/1000 \text{ м} = 0.06 \text{ м}/\text{м}_{\text{трубы}}$

Для трубы длиной 50 м: $50 \times 0.06 = 3 \text{ м}$

Поправочный коэффициент

Поправочный коэффициент для шлама $C_v 30\% = 1.5$ (график 3б)

Напор

$$H_{\text{frsl}} = 3 \times 1.5 = 4.5 \text{ м};$$

$$H_{\text{totsl}} = H_{\text{frsl}} + H_s = 4.5 + 22 = 26.5 \text{ м}$$

4. Напор насоса для чистой воды

Поскольку рабочие характеристики рассчитаны для чистой воды, необходимо использовать нижеприведенный график (4а), чтобы определить коэффициент снижения напора HR для расчетов напора, эквивалентного напору для чистой воды, H_{cw}

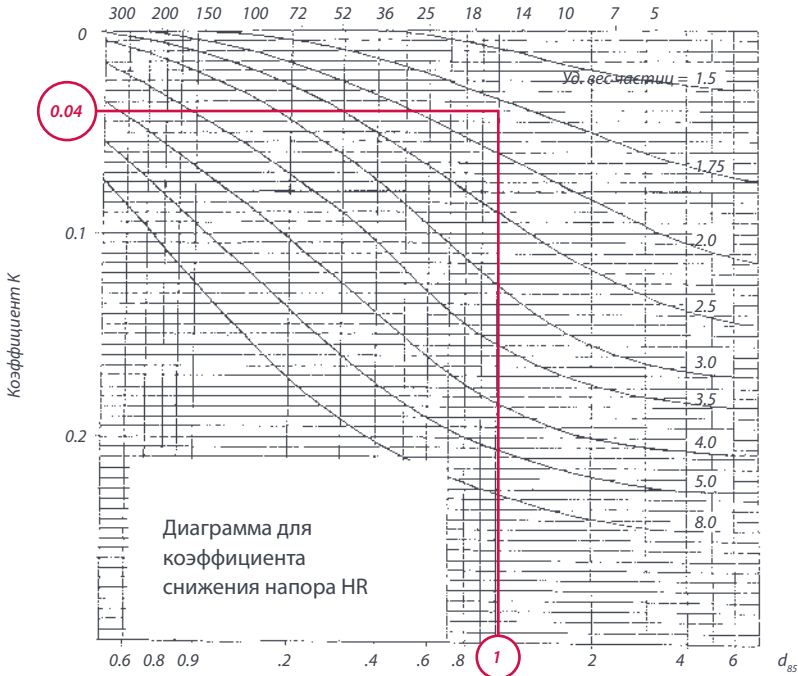


График 4а

ПРИМЕР

Коэффициент снижения напора HR

При $d_{85} = 1$ and $SG_s = 1.8$ по графику получается $K = 0.04$ (4а)

$$HR = 1 - K \times \frac{C_v}{20} = 1 - 0.04 \times \frac{30}{20} = 0.94$$

$$H_{cw} = \frac{H_{\text{total}}}{HR} = \frac{26.5}{0.94} = 28.2 \text{ m}$$

Выберите насос с помощью графика чистой воды для рабочей точки:

$H_{cw} = 28.2 \text{ m}$ ($H_{sl} = 26.5$) и $Q = 50 \text{ л/с}$.

5. Выберите насос

Насос выбран на основе значений потока и расхода. Следует также обдумать обсуждаемый тип условий установки насоса. Общие эксплуатационные затраты, включая износ, техническое обслуживание оборудования и потребление энергии одинаково важные моменты для принятия решения.



ПРИМЕР

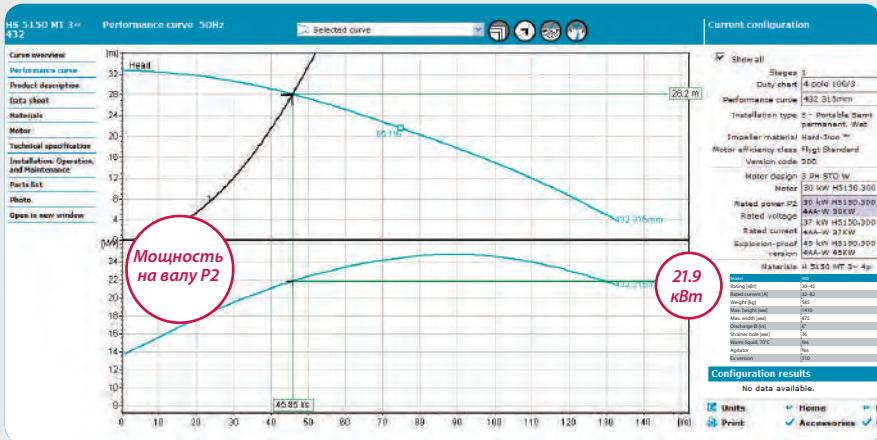
Выберите насос

Выберите 5150.300, кривая рабочей характеристики 53-432.

Он дает значение производительности близкое к 50 л/с при требуемом значении напора.

6. Пересчет требуемой мощности электродвигателя P2 в зависимости от параметров шлама

Графики мощности для насосов основаны на расчетах для чистой воды и должны быть умножены на удельный вес шлама для получения соответствующего значения для транспортировки шлама.



ПРИМЕР

Проверка мощности двигателя

Убедитесь, что двигатель насоса имеет запас мощности для перекачивания шлама более высокой плотности.

Рисунок выше показывает, что максимальная разрешенная мощность на валу для выбранного двигателя находится между 30 и 45 кВт, а рабочая характеристика показывает, что нам нужно 21,9 кВт мощности на валу для чистой воды в требуемой рабочей точке. Рассчитайте мощность на валу для соответствующей рабочей точки шлама.

$$SG_{sl} \times P_{incw} = P_{insl}$$

$$1.24 \times 21.9 = 27.2 \text{ кВт}$$

Значение заметно ниже максимально разрешенной входной мощности в требуемой рабочей точке. Теперь убедитесь, что это значение ниже предела мощности для входной мощности 1 (30 кВт) всей кривой в случае, если перекачиваемый напор будет меняться.

$$P_{\text{shaft max}} = 25 \text{ кВт для выбранного графика. } P_{\text{inmaxsl}} = 25 \times 1.24 = 31 \text{ кВт}$$

Запас мощности недостаточен, выбираем двигатель следующий по номиналу мощности. Выбранный насос: HS 5150.300, кривая рабочей характеристики 53-432 при двигателе 45 кВт.

Предметный указатель

| | | | |
|--------------------------------------|------------|---|---------------|
| NPSH..... | 26 | Объем | 16 |
| Spin-out™ | 12 | Однородная смесь | 18 |
| Xylect | 25 | Осаждающийся шлам..... | 18 |
| Агитатор | 8, 14, 28 | Охлаждение | 9, 27, 29, 30 |
| Вал | 10 | Плотность | 17, 38, 46 |
| Вес | 16 | Подшипники | 10 |
| Вертикальные шламовые насосы..... | 6 | Псевдооднородная смесь | 18 |
| Вязкость | 20 | Рабочая точка | 25 |
| Горизонтальные шламовые насосы | 6 | Размер частиц..... | 16 |
| Двигатель | 9 | Слюда | 17 |
| Жидкость..... | 20 | Твердые частицы | 16, 17, 38 |
| Защита | 10, 12 | Удельный вес | 17, 38, 46 |
| Инспекционная камера..... | 12 | Уплотнения | 8, 11 |
| Класс изоляции | 10 | Форма частиц | 17 |
| Консольные насосы | 6 | Шламовые насосы сухой установки..... | 6, 30 |
| Критическая скорость | 22, 24, 40 | Характеристика ситового состава | 16 |
| Мешалка | 28, 30, 31 | Электродвигатель | 9 |
| Напор | 23, 41, 46 | | |
| Не осаждающийся шлам..... | 18 | | |
| Ньютоновская жидкость | 20 | | |
| Неньютоновская жидкость | 20 | | |
| Неоднородная смесь | 18 | | |

Обозначения и формулы

- Q = Производительность (л/с)
 V = Скорость потока (м/с)
 V_{cr} = Критическая скорость
 A = Площадь поперечного сечения
 L = Длина трубы (м)
 H_s = Напор (м)
 SG_{sl} = Удельный вес шлама
 SG_s = Удельный вес сухих частиц
 C_v = Концентрация по объему (%)
 C_m = Концентрация по весу (%)
 d_{85} = Размер 85% частиц
 η = КПД

$$SG_w = 1$$

$$SG_s = \frac{\text{Плотность твердых частиц}}{\text{Плотность воды}}$$

$$V = \frac{Q}{A}$$

$$SG_{sl} = 1 + C_v(SG_s - 1)$$

$$SG_{sl} = SG_s / SG_s - C_m(SG_s - 1)$$

$$H_{cw} = T_{totsl} / HR$$

$$P_{insl} = P_{incw} \times SG_{sl}$$

Опросный лист по шламовым насосам

Контактная информация

- Компания: _____
- Контактное лицо: _____
- E-mail: _____
- Телефон: _____

Дополнительная информация

- Отрасль промышленности: _____
- Применение насоса: _____

Информация по работе насоса

- Требуемый расход [л/с, м³/ч]: _____ *
- Требуемый общий напор [м]: _____ *
(либо предпочтительнее)
- Статический напор + Конфигурация трубы
 - Статический напор [м]: _____
 - Длина трубы [м]: _____
 - Внутренний диаметр [мм, дюймов]: _____
 - Количество клапанов: _____
 - Количество изгибов трубы: _____
 - Материал труб: _____

Информация о шламе

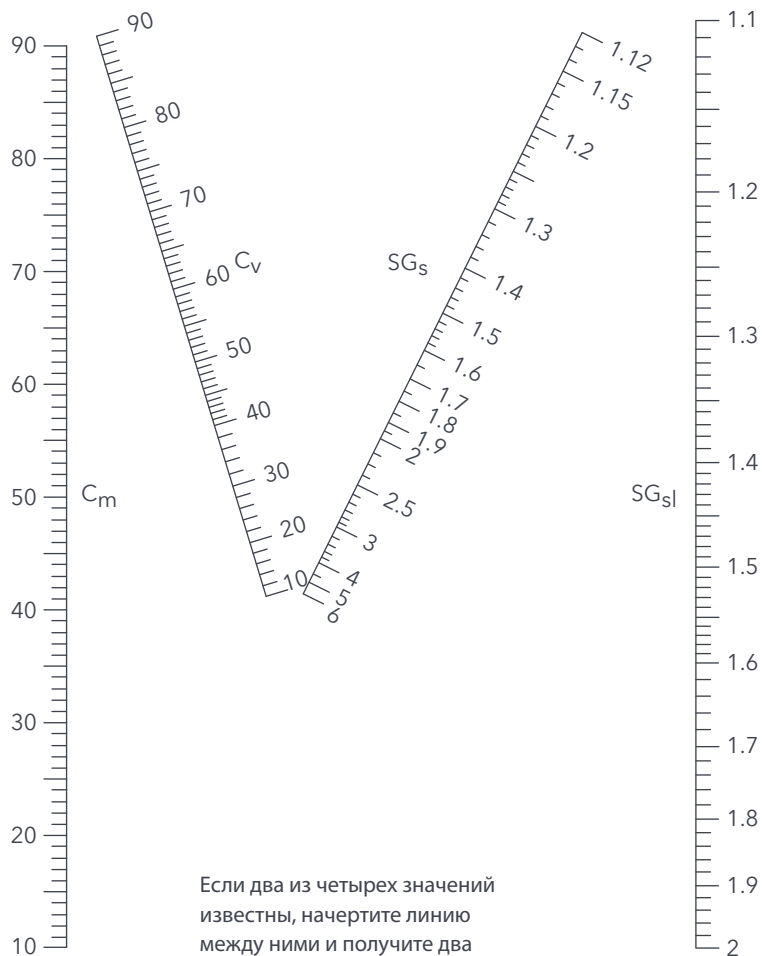
- Размер частиц [d50]: _____ *
- Размер частиц [d85]: _____
- SG частиц: _____ **
- SG жидкости: _____ **
- Концентрация по весу [%]: _____ **
- Концентрация пообъему[[%]: _____ **
- SG шлама: _____ **
- Массовая доля [% частиц < 75 мкм]: _____
- Форма частиц [округлая или плоская]: _____

* должны быть заполнены

** три из пяти должны быть заполнены

Номограмма

Концентрация в сравнении с удельным весом



Если два из четырех значений известны, начертите линию между ними и получите два других значения.

Критическая скорость

Проверка скорости

| Диаметр трубы | | Размер частиц при d85 | | | | | | | |
|---------------|-------|-------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| мм | дюймы | Сетка | 65 | 48 | 32 | 24 | 16 | 9 | <4 |
| | | мм | 0.2 | 0.3 | 0.5 | 0.7 | 1.0 | 2.0 | >5 |
| 25 | 1 | Критическая скорость | 1.3 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.4 |
| 50 | 2 | | 1.3 | 1.7 | 1.8 | 1.8 | 1.8 | 1.8 | 1.8 |
| 75 | 3 | | 1.6 | 1.8 | 1.9 | 1.9 | 1.9 | 1.9 | 1.9 |
| 100 | 4 | | 1.7 | 1.9 | 2.0 | 2.1 | 2.1 | 2.1 | 2.1 |
| 150 | 6 | | 1.7 | 2.0 | 2.1 | 2.4 | 2.4 | 2.4 | 2.4 |
| 200 | 8 | | 1.8 | 2.0 | 2.3 | 2.5 | 2.5 | 2.5 | 2.5 |
| 300 | 12 | | 1.8 | 2.1 | 2.4 | 2.7 | 2.8 | 3.0 | 3.0 |
| 400 | 16 | | 1.8 | 2.1 | 2.5 | 2.8 | 2.9 | 3.1 | 3.6 |

Поправочный коэффициент

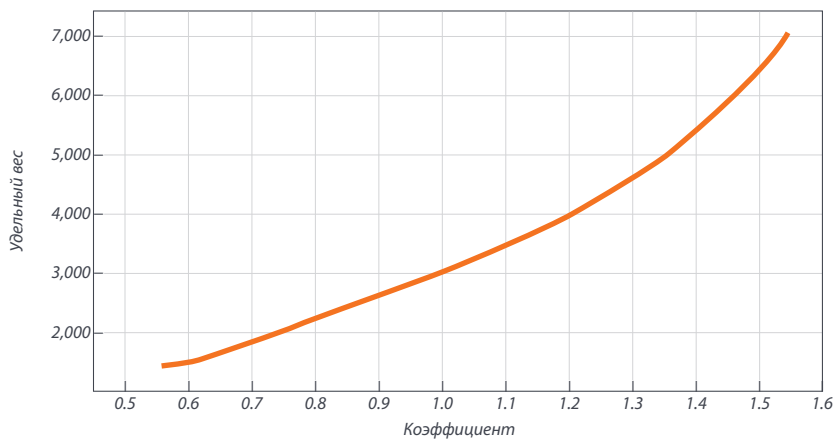
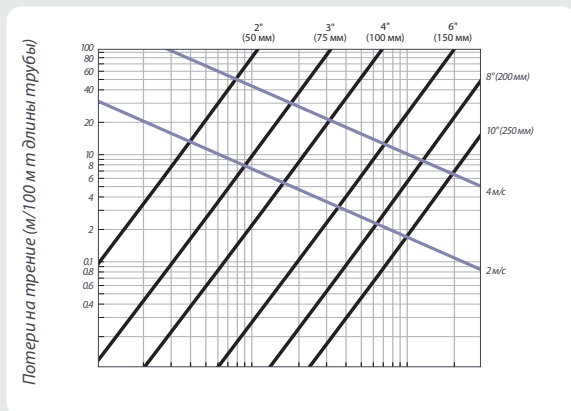
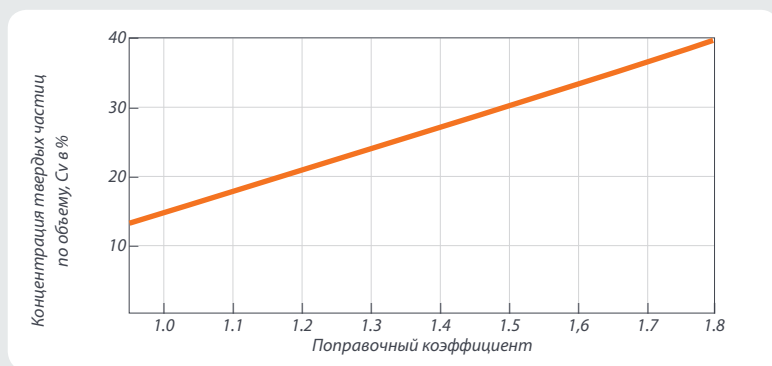


Диаграмма потерь на трении

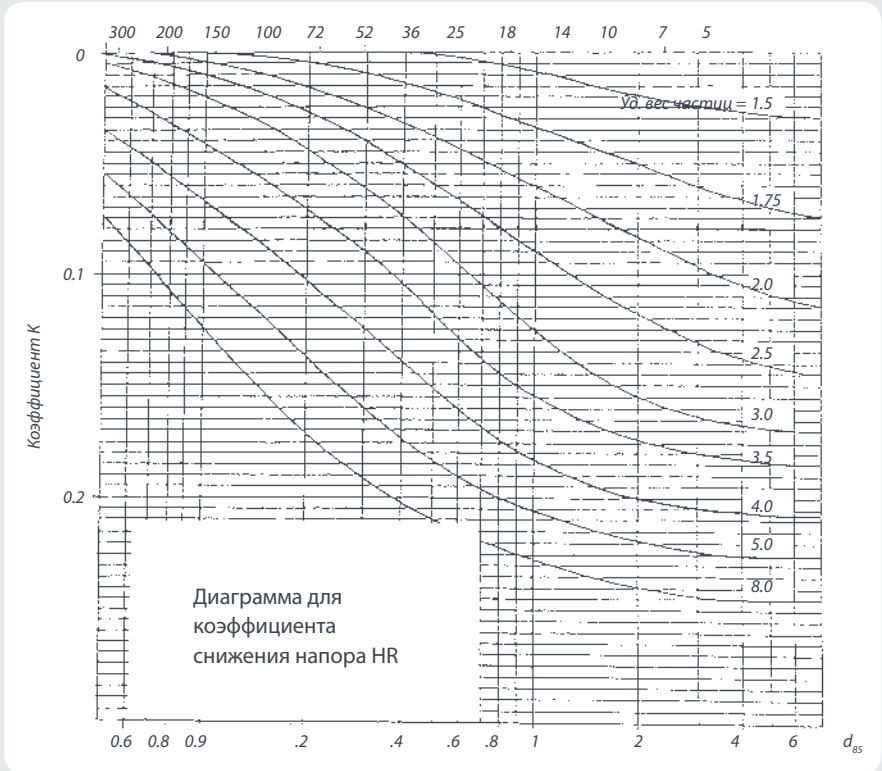
Потери на трение



Поправочный коэффициент



Поправочный коэффициент пересчета напора по чистой воде к шламу





ООО «Бауманс Груп» - официальный партнер фирмы Flygt в России.

Тел: +7 495 121 49 50

Эл. почта: info@baumgroup.ru

Шламовые насосы baumgroup.ru