



# Slurry handbook

Guidelines for slurry pumping



Flygt



ITT Industries

## **Шлам**

**Это смесь твердых частиц и жидкости, как правило воды.**

**Частицы могут быть не абразивными, хотя часто встречается обратное.**

# Опросный лист

## Контактные сведения

- Компания: \_\_\_\_\_
- Контактное лицо: \_\_\_\_\_
- E-mail: \_\_\_\_\_
- Тел: \_\_\_\_\_

## Сведения о применении

- Отрасль промышленности: \_\_\_\_\_
- Применение насоса: \_\_\_\_\_

## Характеристика насоса

- Требуемый расход [л/сек/ USgpm/ м<sup>3</sup>/ч]: \_\_\_\_\_ \*
- Требуемый общий напор [м, фут]: \_\_\_\_\_ \*
- (или предпочтительный)
- Статический напор + Конструкция трубопровода \_\_\_\_\_
  - Статический напор [м, фут]: \_\_\_\_\_
  - Длина трубопровода [м/ фут]: \_\_\_\_\_
  - Внутренний диаметр [мм/ дюйм]: \_\_\_\_\_
  - Количество запорной арматуры: \_\_\_\_\_
  - материал трубопровода: \_\_\_\_\_

## Сведения о шламе

- Размеры частиц [ $d_{50}$ ]: \_\_\_\_\_ \*
- Размеры частиц [ $d_{85}$ ]: \_\_\_\_\_
- Удельная масса частиц: \_\_\_\_\_ \*\*
- Удельная масса жидкости: \_\_\_\_\_ \*\*
- Концентрация по весу [%]: \_\_\_\_\_ \*\*
- Концентрация по объему [%]: \_\_\_\_\_ \*\*
- Удельная масса шлама: \_\_\_\_\_ \*\*
- Процентное содержание частиц [% частиц < 75  $\mu$ m]: \_\_\_\_\_
- Форма частиц [круглая и плоская]: \_\_\_\_\_

\* должно быть заполнено

\*\* Три из пяти должны быть заполнены

Flygt



ITT Industries

## Обозначения и формулы

$Q$  = Подача (л/сек)

$V$  = Скорость (м/сек)

$V_{cr}$  = Критическая скорость

$A$  = Участок трубопровода

$L$  = длина трубопровода (м)

$H$  = напор (м)

$SG_{шл}$  = Удельная масса шлама

$SG_{ч}$  = Удельная масса твердых частиц

$C_o$  = Концентрация по объему (%)

$C_m$  = Концентрация по весу (%)

$D_{85}$  = Концентрация по объему

$\eta$  = КПД

$$SW_w=1$$

$$SG_s=\text{плотность частиц/плотность воды}$$

$$V=Q/A$$

# Содержание

|                                          |           |
|------------------------------------------|-----------|
| <b>1. Введение .....</b>                 | <b>4</b>  |
| Шламовые насосы.....                     | 5         |
| Применение.....                          | 5         |
| Типы шламовых насосов.....               | 6         |
| <b>2. Шламовые насосы Flygt.....</b>     | <b>8</b>  |
| Приводное устройство.....                | 9         |
| Гидравлическая конструкция .....         | 13        |
| <b>3. Свойства шлама .....</b>           | <b>15</b> |
| Параметры шлама.....                     | 16        |
| Характеристики шлама .....               | 18        |
| Типы жидкостей .....                     | 20        |
| <b>4. Системы шламовых насосов.....</b>  | <b>21</b> |
| Рабочая характеристика насосов.....      | 21        |
| Расчеты с ППНФ.....                      | 22        |
| Проектирование системы.....              | 23        |
| Определение размеров насоса.....         | 25        |
| Прочее.....                              | 26        |
| <b>5. Руководство по применению.....</b> | <b>30</b> |
| Типы установки.....                      | 30        |
| Сферы применения.....                    | 31        |
| <b>6. Приложение.....</b>                | <b>36</b> |
| Поступный расчет.....                    | 36        |
| Алфавитный указатель.....                | 45        |
| Обозначения и формулы .....              | 46        |
| Опросный лист.....                       | 47        |



Flygt



ITT Industries

# 1. Введение

- Где применяются шламовые насосы?
- Можно ли заменить погружные шламовые насосы другими типами насосов?
- Какие части погружных шламовых насосов являются особенно важными?
- Как можно классифицировать шлам?
- Какие параметры шлама и сети трубопроводов необходимы для возможности правильного определения размеров насоса?

Целью данной книги является несложное описание шламовых насосов, откачки шлама и различных параметров необходимых при подборе погружных шламовых насосов, применяя ППНФ (FLYPS).

Для обеспечения более глубокого понимания расчетов в приложении к данной книге представлены примеры.

Если вы не уверены в типе шлама, выборе насоса, схеме трубопроводной сети, т.д., Вы всегда можете обратиться к службе технической поддержки Flygt за рекомендацией.

## FLYPS

Программа подбора насосов Flygt разработана для модели шламовых насосов, что делает возможным осуществление подбора насоса на основании твердых частиц, содержащихся в жидкости.

## Алфавитный указатель

|                                |           |                              |        |
|--------------------------------|-----------|------------------------------|--------|
| Агитатор                       | 8/ 14/ 24 | Ньютоновская жидкость        | 20     |
| Подшипники                     | 10        | Не-Ньютоновская жидкость     | 20     |
| Охлаждение                     | 9,27, 28  | Неоседающий шлам             | 18     |
| Критическая скорость           | 24/ 40    | NPSH                         | 26     |
| Плотность                      | 17/ 38    | Форма частиц                 | 17     |
| Приводное устройство           | 9         | Защита                       | 10     |
| Насосы сухой установки         | 6         | Псевдо-однородная смесь      | 18     |
| Рабочая точка                  | 25        | Кривая фильтрации            | 16     |
| ППНФ FLYPS                     | 4/22      | Уплотнения                   | 11     |
| Напор                          | 23/ 41    | Оседающий шлам               | 18     |
| Разнородная смесь              | 18        | Вал                          | 10     |
| Однородная смесь               | 18        | Твердые частицы              | 16/17  |
| Горизонтальные шламовые насосы |           | Удельная масса               | 17, 38 |
|                                | 6         | Spin-out™                    | 12     |
| Камера наблюдения              | 12        | Вертикальные шламовые насосы | 6      |
| Изоляция                       | 10        | Вязкость                     | 20     |
| Жидкость                       | 20        | Объем                        | 16     |
| Слюда                          | 17        | Вес                          | 16     |
| Мешалка                        | 28        |                              |        |
| Двигатель                      | 9         |                              |        |

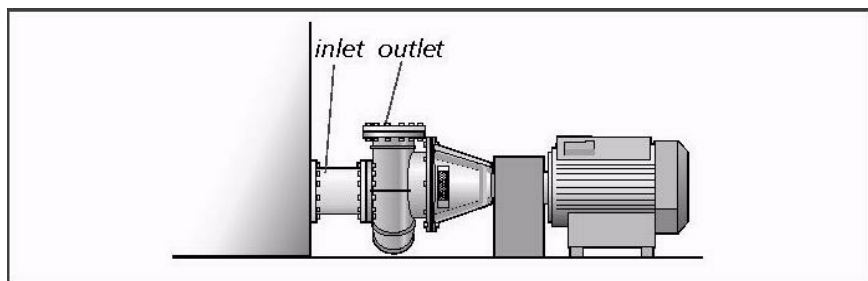
# Типы шламовых насосов

При откачивании шлама применяются три основных типа шламовых насосов:

- \* Горизонтальные шламовые насосы
- \* Вертикальные шламовые насосы
- \* Погружные шламовые насосы.

## Горизонтальные шламовые насосы

Данные типы насосов часто называются насосами сухой установки, поскольку гидравлический (мокрый) конец и приводное устройство расположены вне емкости отстойника. Они составляют основную группу шламовых насосов с широким диапазоном параметров напора и расхода, а также подбора материалов.



Для данных типов насосов используются как правило стандартизированные электродвигатели и уплотнения.

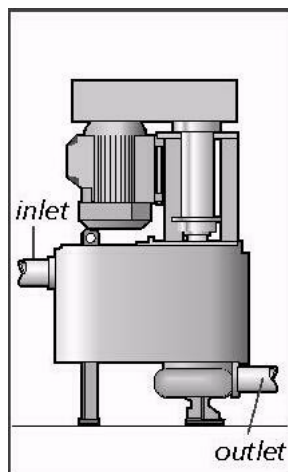
На установках, где имеется риск залива/ возможно имеются причины замены горизонтальных насосов насосами сухой установки/погружными/ шламовыми насосами.

## Вертикальные шламовые насосы

Данный тип насоса может быть разделен на две основные группы:

- \* Насосы с емкостью
- \* Консольные/ водоотливные насосы

Насосы с емкостью считаются насосами сухой установки. Емкость отстойника является частью насоса. Открытый отстойник и вертикальный впуск предотвращают появление воздушных пробок и обеспечивают ровную эксплуатацию. Подшипники и уплотнение вала не погружаются в жидкость, но довольно длинный вал доходит от нижнего подшипника до рабочего колеса.



## 5 Подбор насоса

Насос подбирается исходя из значений расхода и напора. Тип установки также следует принять во внимание. Общие эксплуатационные расходы, включая износ, техническое обслуживание и энергопотребление являются в равной степени важными пунктами, которые следует учесть.

Пример

### Подбор насоса

Выберите 51 50.300, кривую 53-432. Это обеспечит 50 л/с при необходимом напоре.

## 6. Соответствующие значения энергопотребления насосов для шлама по отношению к чистой воде

Кривые мощности для насосов основаны на данных для чистой воды, затем они должны быть умножены на удельную массу шлама, для получения соответствующего значения для откачивания шлама.

| Насос | Poles | Расчетная мощность на валу, kW | P на валу в рабочей точке | P на валу макс.(432) |
|-------|-------|--------------------------------|---------------------------|----------------------|
| 5150  | 4     | 30,0                           | 22,5                      | 25                   |
|       | 4     | 37,0                           | 22,5                      | 25                   |
|       | 4     | 45,0                           | 22,5                      | 25                   |

### Пример

#### Проверьте мощность двигателя

Удостоверьтесь, что двигатель насоса обладает мощностью, способной откачивать смеси более высокой плотности.

На графике показано, что максимально разрешенная мощность на валу для выбранного насоса, колеблется между 30 и 45 kW, и кривая насоса показывает, что требуется 22,5 kW мощности на валу для чистой воды на заданной рабочей точке.

Значение значительно ниже максимальной разрешенной входной мощности, в требуемой рабочей точке, но проверьте что, значение ниже предела мощности для всей кривой, если имеются случаи изменения высоты перекачивания.

$P_{\text{на валу макс.}} = 25 \text{ kW}$  для подобранной кривой.  $P_{\text{макс.вх.шл.}} = 25 \times 1,24 = 31 \text{ kW}$  •

Еще имеется достаточный запас мощности.

Подобранный насос: HS 5150.300/ кривая 53-432 с двигателем мощностью 37 kW

## Шламовые насосы

Шламовые насосы являются тяжелой и прочной версией центробежных насосов, способных работать в трудном и абразивном режиме.

Шламовые насосы следует также считать общим термином, чтобы отличить их от прочих центробежных насосов, предназначенных в основном для прозрачной воды.

## Применение

Шламовые насосы используются для передвижения смесей жидкости и твердых частиц во многих сферах промышленности с широким спектром применения, например для шахтного водоотлива/ драгирования прудов осаждения и откачки бурового раствора.

Целями могут быть:

- \* Откачивание среды, содержащей абразивные частицы
- \* Перенос как можно большего количества твердых частиц/ гидравлическим способом
- \* Откачивание конечного продукта в ходе технологического процесса

Погружные насосы Flygt используются в различных промышленных отраслях, таких как:

- \* Металлургия
- \* Выработка электроэнергии
- \* Целлюлозно-бумажная
- \* Нефтегазовая
- \* Очистка сточных вод
- \* Горнодобывающая
- \* Обогащение полезных ископаемых
- \* Строительство

В Главе 5 дается краткий обзор некоторых видов промышленности и сфер применения шламовых насосов.

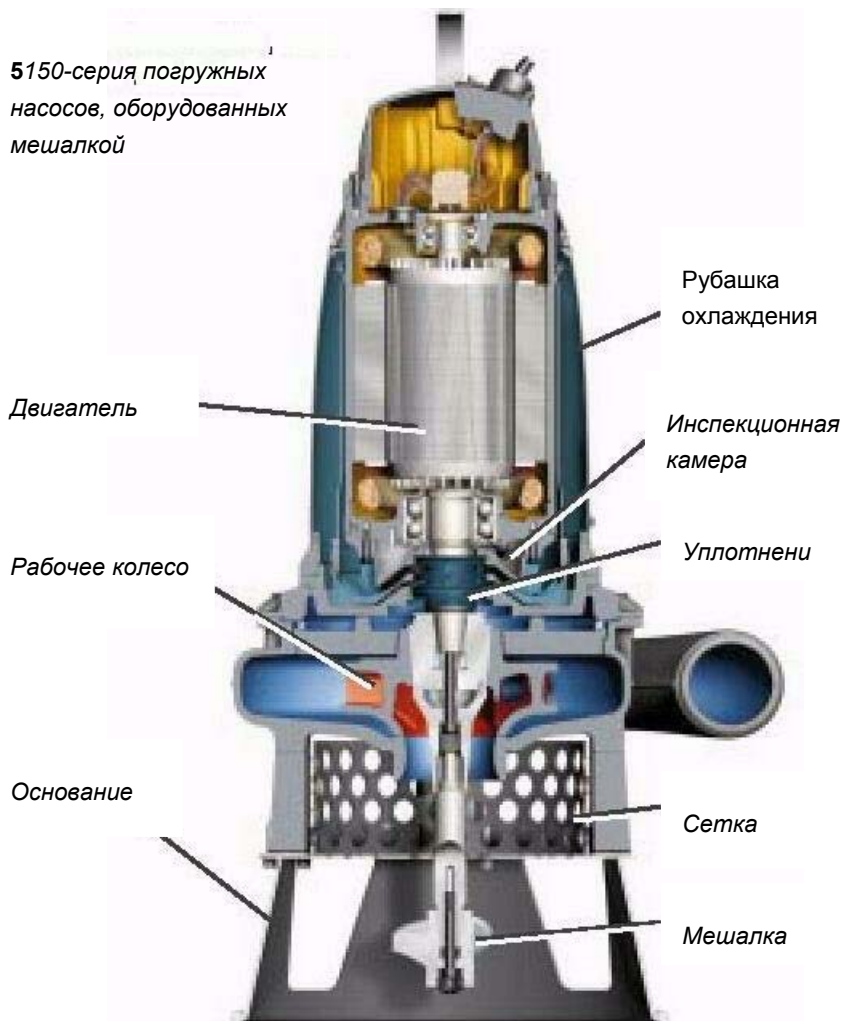


## 2. Шламовые насосы Flygt

Основным отличием шламового насоса от насосов для канализации являются детали, находящиеся в непосредственном контакте со шламом, и соответственно подлежащие воздействию твердых частиц шлама.

Важные характеристики шламовых насосов, такие как охлаждение, уплотнения и особенно гидравлическая конструкция описаны в данной главе

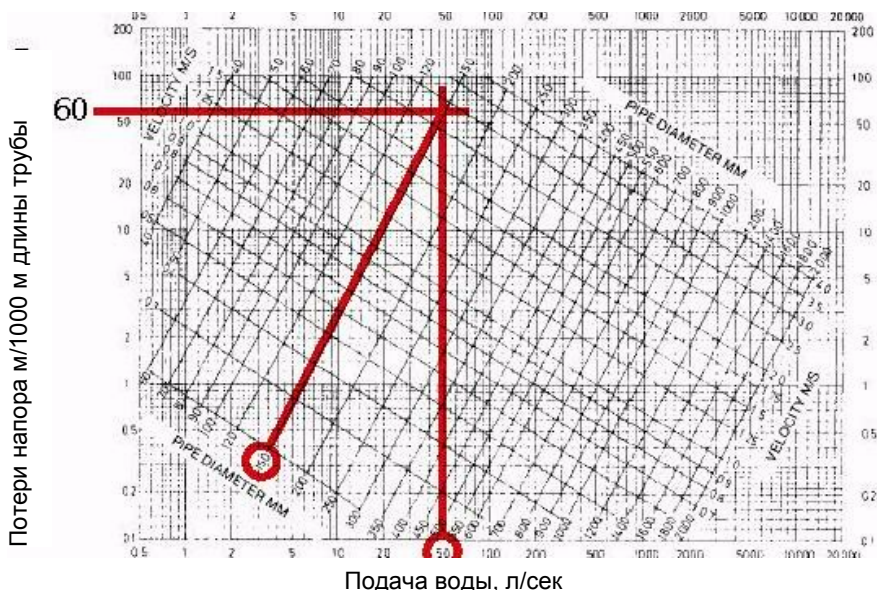
*5150-серия погружных насосов, оборудованных мешалкой*



### 3 Общий напор

Определите общий напор посредством прибавления потерь напора в сети к геодезической высоте.

Таблица показывает потери напора в сети для чистой воды, для определения значения для шлама, следует умножить приведенное в таблице значение на коэффициент поправки.



#### Пример

##### Потери в сети

Для стальных трубопроводов с коэффициентом шероховатости 0,2, диаметром 150 мм и расходом воды  $Q=50$  л/сек, на верхнем графике приведены потери для чистой воды:  $60 \text{ м}/1000 \text{ м} = 0,06 \text{ м}/\text{м}_{\text{трубы}}$

Для трубопровода длиной 50 м:  $50 \times 0,06 = 3 \text{ м}$

##### Коэффициент поправки

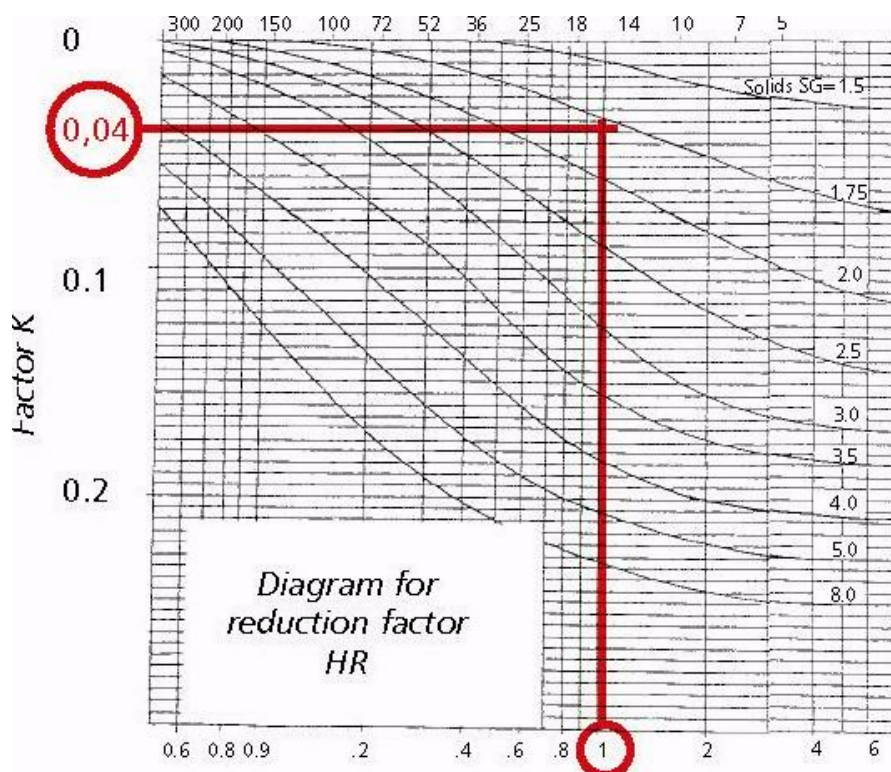
Коэффициент поправки для шлама  $C_v 30\% = 1,5$

##### Напор

$H_{\text{тршл}} = 3 \times 1,5 = 4,5 \text{ м}$ ;  $H_{\text{общл}} = 4,5 + 22 = 26,5 \text{ м}$

#### 4. Напор насосов для чистой воды

График, указанный ниже показывает коэффициент уменьшения HR для расчета эквивалентного напора для чистой воды  $H_{cw}$ , поскольку рабочая характеристика предусмотрена для чистой воды.



##### Пример

##### Коэффициент уменьшения HR

При  $d_{85}=1$  и  $SG=1,8$  диаграмма показывает, что  $K=0,04$

$$HR = 1 - K \times C_v / 20 = 1 - 0,04 \times 30 / 20 = 0,94$$

$$H_{чв} = H_{общ\ шл} / 0,94 = 26,5 / 0,94 = 28,2m$$

Выберите насос при помощи рабочей точки для чистой воды:

$$H_{чв} = 28,2m (H_{шл} = 26,5) \text{ и } Q = 50 \text{ л/сек.}$$

Консольные/водоотливные насосы считаются насосами полусухой установки, поскольку гидравлическая часть заглублена в шлам, а двигатель и опорная конструкция смонтированы методом сухой установки. Аналогично насосам с емкостью, подшипники и уплотнения вала не погружены, и длинный вал свешивается.

В зависимости от размера насос либо устанавливается на раму-основание над емкостью отстойника, либо свешивается с крыши.

Насосы консольного типа имеют ряд недостатков, что позволяет заменять их погружными насосами:

- \* Длинное расстояние между двигателем и гидравлической частью приводит к тому, что насос становится громоздким для обслуживания.
- \* Ограниченный доступ к отстойнику. Проблемы с накоплением осадка при использовании насосов для отстойников глубже 2 м.
- \* Негерметичные. Залив повредит двигатель.

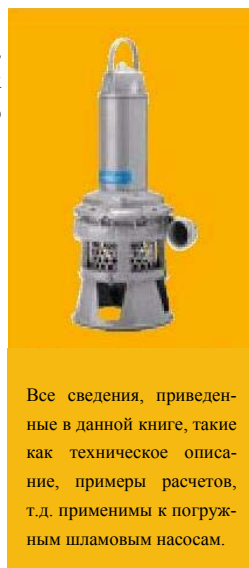
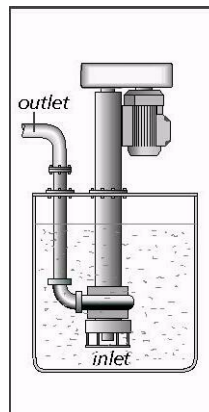
- \* Высокий уровень шума.

## Почему погружные?

Некоторые пользователи шламовых насосов, возможно, обладают ограниченными сведениями о погружных шламовых насосах. Поэтому важно привести доводы относительно достоинств погружной концепции.

Погружные насосы имеют ряд преимуществ над насосами сухой установки и главным образом полусухой установки:

- \* Эксплуатируемому непосредственно в шламе, погружному насосу не требуется рама-основание. Следовательно, он занимает меньше места.
- \* Двигатель и гидравлическая часть являются единым целым, компактным и удобным для установки.
- \* Эксплуатация под водой означает снижение уровня шумов или даже бесшумную работу.
- \* Двигатель охлаждающийся окружающей жидкостью допускает до 15 пусков/час, что приводит к использованию отстойников меньшего объема и более высокой эффективности.
- \* Гибкая установка с несколькими способами установки, являющимися либо переносными, либо полупостоянными.
- \* Возможность применения технологии Чистого отстойника (см. стр. 28).



Все сведения, приведенные в данной книге, такие как техническое описание, примеры расчетов, т.д. применимы к погружным шламовым насосам.

## Изоляция

Обмотки статора изолированы с помощью системы струйной пропитки класса Н (180°C). Двигатели Flygt имеют защиту по классу В (140°), что снижает термическое напряжение, и приводит к продолжительному сроку службы.

Струйная пропитка обеспечивает обмотке большую заполняемость, чем типичная система погружения и обжига. Это обеспечивает более высокий уровень защиты от коротких замыканий в обмотке.

## Вал и подшипники

**Важные показатели для валов и подшипников:**

**Размеры и конструкция вала**

**Типы подшипников и защита**

### Размеры и конструкция вала

Вал и подшипники являются прочными конструкциями. Расстояние между нижним подшипником и рабочим колесом минимальное, для устранения прогибов вала. Это обеспечивает долгий срок службы уплотнения и подшипников, низкий уровень вибрации и бесшумную эксплуатацию.

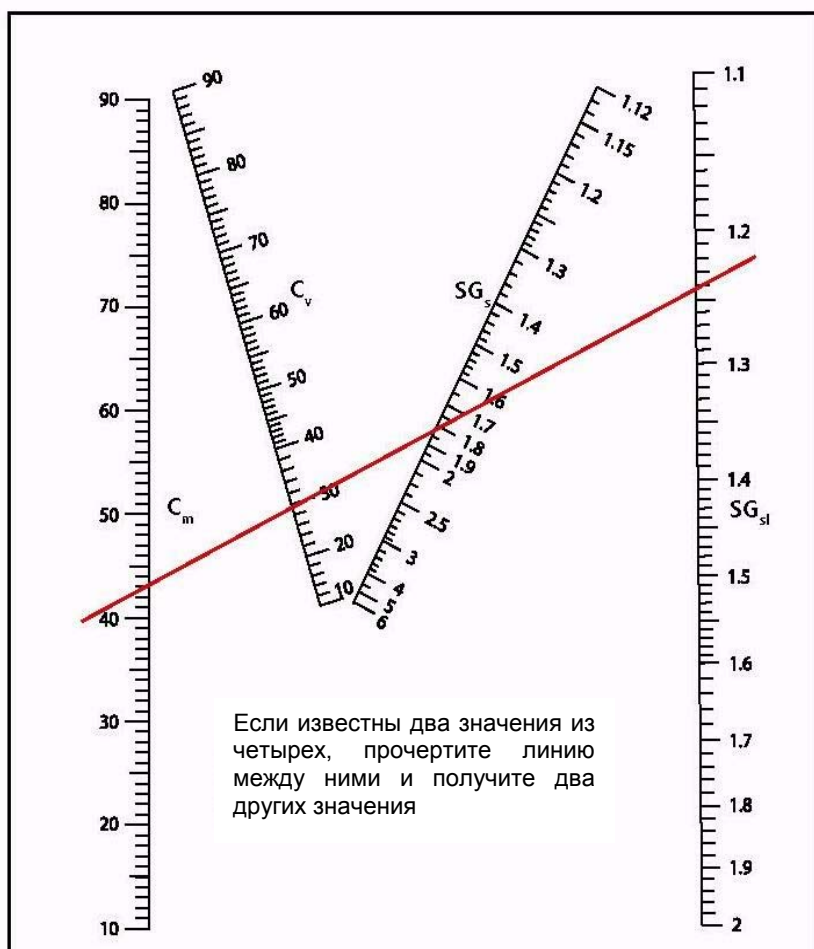
### Тип подшипника и защита

Все шламовые насосы имеют два двухрядных шариковых подшипника, они обеспечивают способность выдерживать боковые и осевые нагрузки.

Подшипники также хорошо защищены смазкой высокого качества на весь срок службы.



Вал насоса и подшипники



Номография, показывает соотношение концентрации и удельной массы шлама в воды.

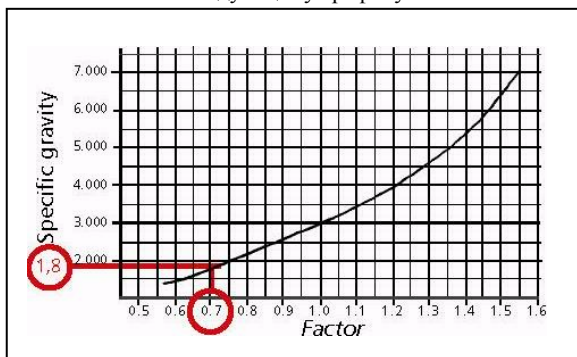
## 2 Критическая скорость

Рассчитайте критическую скорость, используя таблицу и график, указанные ниже. Подберите диаметр трубопровода, так чтобы скорость потока в трубопроводе была ниже критической скорости. Если скорость занижена, потери, износ и риск забивания возрастают.

**Критическая скорость ( $V_{кр}$ ) м/с (для  $d_{85}$  и  $SG=3$ )**

| Размер трубопровода, мм, дюйм |    | Ячейка 65 мм 0, 2 | 48 0,3 | 32 0,5 | 24 0,7 | 16 1,0 | 9 2,0 | <4 >5 |
|-------------------------------|----|-------------------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|
| 25                            | 1  | 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   |

Поскольку удельная масса (SG) твердых частиц ниже 3, должна быть сделана поправка значения согласно нижеследующему графику.



### Пример:

Удостоверьтесь, что скорость в трубопроводе превышает критическую скорость.

Диаметр трубопровода: 150 мм

Размер частиц:  $d_{85} = 1$

$V_{кр} = 2,4 \text{ м/с}$

Коэффициент поправки

Содержание частиц:  $1800 \text{ кг/м}^3 = SGs = 1,8 = \text{коэффициент } 0,7$

Критическая скорость

$V_{кр} = 2,4 \times 0,7 = 1,7 \text{ м/с}$

Фактическая скорость  $V = Q/A^* = 50 \times 10^{-3} / 3,14 \times 0,075^2 = 2,8 \text{ м/сек}$   
 $2,8 \text{ м/сек} > 1,7 \text{ м/сек}$

A - участок трубопровода

# Двигатель

## Двигатель

**Важные показатели для двигателей шламовых насосов:**

- Эффективное охлаждение
- Изоляция

### Эффективное охлаждение

Водяное охлаждение гораздо лучше охлаждения воздухом, что обеспечивает погруженному двигателю высокую удельную мощность и сравнительно низкую температуру.

В двигателях Flygt диаметр ротора больше, а статор тоньше, чем в стандартных двигателях. Это позволяет направить больше объема теплоотдачи на статор и затем на окружающую охлаждающую жидкость. Короткое расстояние теплопередачи обеспечивает эффективность охлаждения и поддержку рабочей температуры на низком уровне.

Возможны три вида охлаждения насосов в зависимости от температуры шлама и прочих обстоятельств:

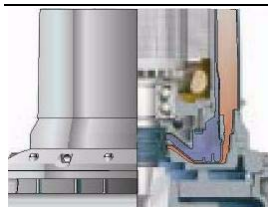
1. Насосы, работающие при полном погружении в шлам, охлаждаются окружающей их жидкостью. Температура шлама не должна превышать 40°C.
2. Насосы, работающие периодически с частично погруженным двигателем или полностью не погруженным, могут быть оборудованы кожухом охлаждения для внутреннего охлаждения, с циркулирующей охлаждающей средой (гликолевая смесь)( 5100/5150).
3. Насосы, часто работающие при низком уровне откачиваемой среды, в горячем шламe или являются насосами сухой установки, могут охлаждаться посредством внешней подачи охлаждающей жидкости, подключенной к кожуху охлаждения.

Виды использования различных методов охлаждения описаны на стр. 27.



Конструкция стандартного двигателя

Конструкция двигателя Flygt



Насос с внутренней системой охлаждения

## Системы защиты

**Важные факторы защиты погружных насосов:**

- \* **Возможность обнаружения негерметичного уплотнения до появления повреждения**
- \* **Spin-out™ защита уплотнения**
- \* **Защита от перегрева**

### **Возможность обнаружения негерметичного уплотнения**

5500: В масляной камере над уплотнением, имеется датчик, издающий сигнал предупреждения при попадании воды. Кроме того, состояние масла можно проверить через винт на боковой стороне насоса.

Утечка в корпусе статора: поплавковый датчик отключает насос при обнаружении воды.

5100/5150: В инспекционной камере между уплотнением и подшипниками имеется встроенный датчик для раннего обнаружения утечки жидкости. Камера может быть обследована и опорожнено через винт, имеющий удобный доступ снаружи.

### **Spin-out™ защита уплотнения**

Запатентованная конструкция наружного уплотнения защищает уплотнение посредством вытеснения абразивных частиц.

### **Защита от перегрева**

Термодатчики вмонтированы в обмотку статора с целью предотвращения перегрева.



*камера наблюдения,  
5100/5150*



*Spin-out™ защита  
уплотнения*

5. Теперь можно подобрать насос на основании значений расхода и напора, указанных выше.

Страница 43

Метод установки также следует принять во внимание. Все эксплуатационные расходы, включая износ, техническое обслуживание и энергопотребление, являются в равной мере важными пунктами, которые следует учесть.

6. Соответствующие значения энергопотребления, при работе в чистой воде по отношению к шламу.

Страница 44

Кривые мощности насосов основаны на данных для работы в чистой воде, затем они должны быть умножены на удельную массу шлама, для получения соответствующего значения для откачивания шлама. Как правило, можно ожидать изменения при работе в шламе, и двигатель, следовательно, должен быть больше. Flygt рекомендует двигатель с 20% запасом мощности для шламовых насосов.

### Пример

Рассчитайте размер насоса для откачивания угольного шлама из угольной шахты.

#### Данные заказчика:

|                                                  |                      |
|--------------------------------------------------|----------------------|
| Вольтаж                                          | 380V, 50Hz           |
| Темп. воды                                       | 40°                  |
| Концентрация твердых частиц по объему            | $C_o=30\%$           |
| Плотность твердых частиц: 1800 кг/м <sup>3</sup> | $SG_{\text{шл}}=1,8$ |
| Требуемый расход                                 | $Q=50$ л/сек         |
| Геодезическая высота                             | $H=22\text{м}$       |
| Диаметр трубопровода                             | 150 мм               |
| Длина трубопровода                               | $L=50\text{м}$       |
| Размер частиц                                    | $d_{85}=1$           |

Данные значения используются в примерах на следующих страницах.

## 1 Удельная масса шлама(SG)

Определите удельную массу шлама. Используйте формулу, показанную ниже или номографию на следующей странице.

Удельная масса – это плотность определенных материалов, нормированных плотностью воды.

Пример: Плотность песка как правило составляет  $2600 \text{ кг/м}^3$ . Значит SG песка 2,6.

$$SG_{\text{шл}} = 1 + C_o(SG_{\text{ч}} - 1)$$

$$SG_{\text{шл}} = SG_{\text{ч}} / SG_{\text{ч}} - C_m(SG_{\text{ч}} - 1)$$

или

$SG_{\text{шл}}$  = Удельная плотность шлама

$SG_{\text{ч}}$  = Удельная плотность твердых частиц

$C_o$  = Концентрация частиц по объему

$C_m$  = Концентрация частиц по массе

### Пример

Рассчитайте удельную массу шлама (SG)

$$SG_{\text{шл}} = 1 + 0,3 (1,8 - 1) = 1,24$$

Вы также можете использовать номографию со следующей страницы



## Уплотнения

**Важные требования к уплотнениям для погружных насосов:**

- **герметичность и износоустойчивость**

### **Герметичность и износоустойчивость**

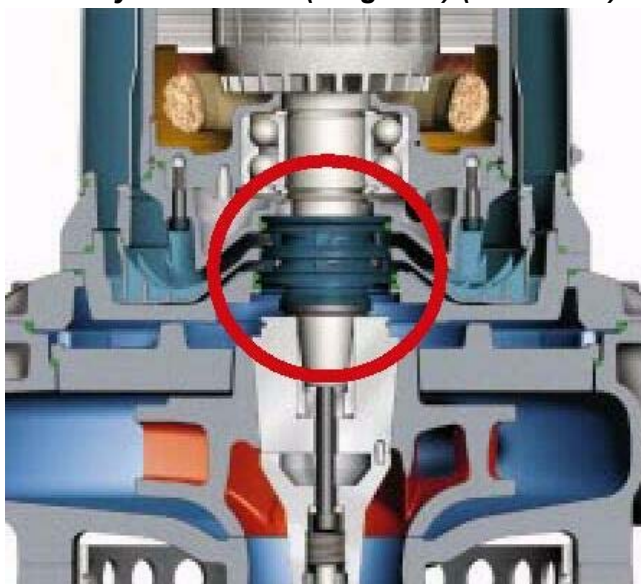
Наряду с высоким уровнем герметичности, наиболее важным свойством уплотнений, используемых в шламовых насосах, является износоустойчивость по отношению к абразивным частицам.

Уплотнения для шламовых насосов разработаны специально для работы в высоко-абразивной откачиваемой среде. Только уплотнительное кольцо подвергается воздействию среды. Другие части уплотнения, такие как пружины и стопорные кольца защищены от износа, засорения и коррозии внутри уплотнительного устройства.

Обслуживание предварительно установленного сменного уплотнения (Plug-in™) (5100/5150) осуществляется быстро и удобно. Поверхности уплотнения закрыты и не могут быть загрязнены или повреждены в ходе эксплуатации. Уплотнительные кольца всегда правильно отцентрованы с целью исключения износа.



### **Сменное уплотнение (Plug-in™) (5100/5150)**



Вследствие прохождения частиц через рабочее колесо по касательной, взвешенные частицы ударяются о стенки улитки почти под почти параллельным углом, таким образом уменьшается износ. Большой размер улитки также обуславливает пониженную внутреннюю скорость, которая также сокращает интенсивность износа.

Регулируемое рабочее колесо (5100/5150), диффузор (5500) позволяют компенсировать износ и таким образом предотвратить снижение КПД.

### **Агитатор**

Насос может быть оборудован агитатором, разработанного для максимального повторного приведения во взвешенное состояние осевших частиц. Это облегчает перекачивание частиц и обеспечивает чистоту отстойника в конце насосного цикла.

Применение агитатора также описано на стр. 28.



Агитатор



## **Карьеры (дробленый камень, песок и щебень)**

### **Выемка грунта (понижение уровня)**

Применим для установки на плавающей платформе с агитатором и мешалкой, устанавливаемой сбоку.

### **Карьерные отстойники**

Применим для установки на плавающей платформе или стационарной установки, для откачивания твердых частиц, содержащихся в подземных или дренажных водах, или для перекачивания шлама, содержащего песок и щебень.

### **Откачивание из отстойника на заводе по утилизации бетона**

Подходит для откачивания шлама, состоящего из твердых частиц песка и цемента для переработки возвращенного бетона.

Используется в комплексе с погружной мешалкой.

# 6. Приложение

## Поэтапный расчет

См. стр. 37 значения, использованные в примере.

1. Определите SG/плотность жидкости. Если плотность не известна, можно определить ее при помощи формулы или номографии.

2. Рассчитайте критическую скорость, используя таблицу и кривую. Выберите диаметр трубопровода, так чтобы скорость воды в трубе была выше критической скорости. Если скорость слишком низкая, повышается объем потерь, износа, а также риск закупорки.

3. Рассчитайте общий напор, являющийся суммой статического напора, потерь в трубопроводной сети и дополнительного давления в трубопроводе (если требуется).

Потери в трубопроводной сети состоят из потерь напора на трение потока и потерь, полученных в результате прохождения потока через фасонные части типа колен трубопровода и запорной арматуры, т.д. Потери напора на трение потока могут быть определены при использовании графика. Если концентрация составляет более 15% от объема, следует отрегулировать значение, применяя коэффициент поправки. Для откачивания шлама, следует подобрать трубопроводные отводы большего радиуса и запорную арматуру прямого прохода. Таким образом, можно пренебречь потерями на фасонных частях при расчетах общих потерь.

4. Требуемая рабочая точка теперь определена. Если концентрация твердых частиц превышает 15% по объему, напор на выпуск насоса должен быть снижен. Посредством деления давления в рабочей точке на коэффициент уменьшения, получится эквивалент напора насоса для чистой воды.

Страница 38,39

Страница 40

Страница 41

Страница 42

# Гидравлическая конструкция

Важные факторы для гидравлических частей  
погружного насоса:

- КПД
- Износ
- Агитатор

## КПД

Откачивание шлама может послужить причиной резкого снижения гидравлического КПД насоса. Рабочее колесо Flygt разработано так, чтобы свести к минимуму данное снижение. Высокий КПД откачивания связан также с низкой степенью износа.

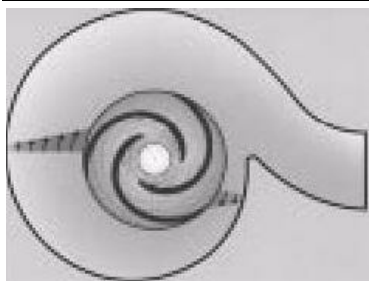
## Износ

Опыт показывает, что конструкция рабочего колеса и улитки также важны как подбор материала для сведения к минимуму интенсивность износа.

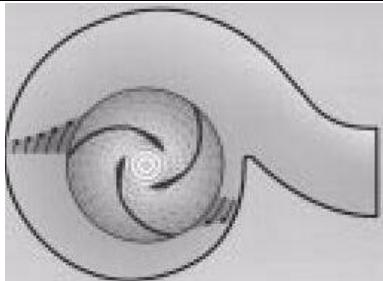
Форма рабочего колеса, используемая при перекачивании шлама, важна для обеспечения высокой износостойчивости и гидравлического КПД. Рабочее колесо Flygt имеет конструкцию более острый угол по сравнению с традиционным рабочим колесом, что обеспечивает более однородное движение между лопастями. Это сводит к минимуму отделение твердых частиц от перекачиваемой жидкости, что приводит к сверхнизкой скорости изнашивания и поддерживает гидравлический КПД.



*Рабочее колесо  
шламового насоса*



*Гидравлическая конструкция  
Flygt*



*Стандартная гидравлическая  
конструкция*

# Параметры шлама

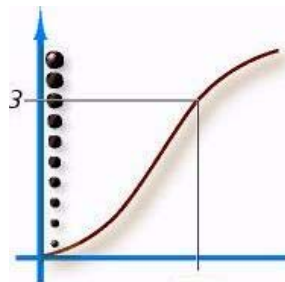
При проведение расчета шламового насоса с применением FlyPS или расчетов вручную должны быть определены следующие параметры.

## Размер и распределение частиц

Размер частиц  $d_{50}$  ( $d_{85}$ ) является единицей измерения, процентного содержания частиц определенного размера или меньшего размера в шламе.

Значение определяется посредством отсева твердых частиц через фильтр с меняющимися ситами и затем взвешиванием каждой фракции. Затем можно начертить кривую сева и замерить процентное содержание частиц разных размеров.

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



Кривая сева

## Общая фракция мелких частиц

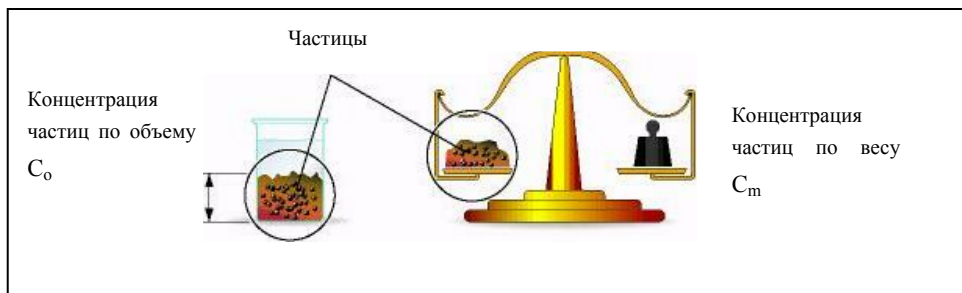
Фракция частиц менее 75  $\mu\text{m}$ .

Важно определить процентное содержание мелких частиц в шламе. Частицы менее 75  $\mu\text{m}$  могут до некоторой степени содействовать продвижению крупных частиц. Однако, если процентное содержание частиц менее 75  $\mu\text{m}$  превышает 50%, характер шлама изменяется по направлению к неоседающему и расчеты не могут быть произведены с применением ППНФ (FLYPS). Обратитесь за рекомендацией в группу технической поддержки Flygt.

*Не оседающий  
шлам, см. стр. 18*

## Концентрация твердых частиц

Концентрацию частиц в шламе можно измерить как процентное соотношение по объему  $C_o$ , и процентное соотношение по весу  $C_m$ .



## **Выработка электроэнергии (Теплоэлектростанция, работающая на угле)**

### **Откачивание донного шлака**

Откачивание донного шлака и перекачивание воды в пруды осадения.



### **Сточная вода**

Сточная вода с угольных складов, зон обогащения угля и угольного конвейера должна собираться и перекачиваться на дальнейшую очистку.

## **Целлюлозно-бумажная промышленность**

### **Сборные резервуары и переливные отстойники**

Черный раствор из котлов-утилизаторов, содержащий песок, летучую золу, абразивную пыль, сосновые сучки, т.д.

## **Нефтегазовая промышленность**

### **Откачивание бурового раствора**

Отработанный буровой раствор с высоким содержанием абразивных материалов. Как правило, насос используют для перекачивания раствора с подающего корабля на установку переработки раствора. Как правило, буровой раствор должен считаться однородным шламом.

## **Очистные сооружения сточных вод**

### **Отстойник /песколовка**

Насосы, установленные после первичной фильтрации для откачивания твердых частиц отложений для утилизации.

## **Добыча полезных ископаемых**

### **Откачивание более густых шламов**

#### **Очистка главного приемника от осевших твердых частиц**

Подходит для установки на плавающей платформе с применением агитатора и мешалки, устанавливаемой сбоку.

## **Обогащение полезных ископаемых**

### **Откачивание на самых низких уровнях технологической установки**

Остерегайтесь крупных, тяжелых предметов и частиц, которые могут остаться на дне отстойника.

Если возможно, установите сетку на входе в отстойник или фильтрующую корзину.

При рекомендации наших шламовых насосов, для работы в среде с пониженным pH, с повышенным содержанием хлоридов (см. морская вода), и когда шлам содержит сульфат меди (используемый в процессах флотации), следует учесть рекомендации, указанные на стр. 24, или обратиться к группе технической поддержки Flygt.

Если шлам пенистый, то производительность насоса должна быть увеличена по крайней мере вдвое.

Если возможно, используйте нашу конструкцию чистого отстойника (для сведения к минимуму образования отложений).

Применим для установки на плавающей платформе с агитатором и мешалкой, устанавливаемой сбоку.

### 3. Свойства шлама

Откачивание шлама, т.е. жидкости, содержащей твердые частицы, вызывает другие требования для насосов по сравнению с откачиванием просто воды.

Для получения возможности осуществления правильного подбора шламового насоса, следует знать ряд свойств, шлама и системы.

При подборе шламового насоса, применяя ППНФ (FLYPS) Программы подбора насосов Flygt, необходимо знать определенные параметры. Они охвачены данной главой.

В "Опросном листе ", на стр. 47 показаны параметры, которые следует использовать при расчетах для шламовых насосов. Точность результатов будет выше при наличии более точных и большего количества данных показателей. При необходимости принятия допущений/ важно, чтобы покупателю было об этом сообщено.

Всегда возможно направить образцы на проведение реологических тестов в лабораторию Flygt в Швеции.



# Характеристики шлама

Шлам можно разделить на два типа: **оседающий** и **неоседающий**, в зависимости от параметров, указанных на предыдущих страницах.

## Неоседающий шлам

Шлам, в котором твердые частицы не оседают на дно, остаются во взвешенном состоянии на долгий период времени. Неоседающий шлам ведет себя как однородная, вязкая смесь, но обладает характеристиками не-Ньютоновской смеси (см. стр. 20).

Размер частиц: менее 60-100  $\mu\text{m}$ .

Неоседающий шлам может быть определен как однородная смесь.

### Однородная смесь

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

## Оседающий шлам

Данный тип шлама быстро оседает в ходе процесса, но может поддерживаться во взвешенном состоянии посредством турбулентности. Размеры частиц: более 100  $\mu\text{m}$ .

Оседающий шлам может быть определен как псевдо-однородная или разнородная смесь и может полностью или частично наслаиваться.

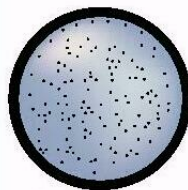
### Псевдо – однородная смесь

Смесь, где все частицы находятся во взвешенном состоянии, но концентрация частиц увеличивается в направлении ко дну.

### Разнородная смесь

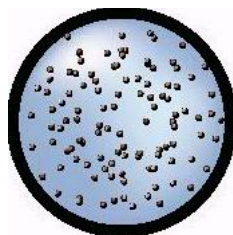
Смесь твердых частиц и жидкости, где твердые частицы распределены неравномерно, и становится более концентрированной на дне трубопровода или емкости (в сравнении с оседающим шламом).

Non-settling slurry



*Homogeneous mixture*

*однородная смесь*



*псевдо-однородная смесь*



*Разнородная смесь, частично наслаившаяся*



*разнородная смесь полностью наслаившаяся*

Settling slurry

- Установка на плавающей платформе является возможным вариантом, который следует учесть при откачивании осажденных отложений из прудов и отстойников. Рекомендуется использование агитатора, а также одной или двух мешалок.

Мешалку можно установить либо на насосе или непосредственно на плавающей платформе.

## **Сферы применения**

### **Металлургическая промышленность**

#### **Насосы для перекачивания вторичной окалины**

Вода, использованная во время процесса охлаждения, собирается в отстойники. Эта вода отличается высоким содержанием вторичной окалины, являющейся, как правило, очень абразивной смесью. Данные частицы зачастую отделяются и воду снова используют в процессе охлаждения.

#### **Насосы для откачивания воды, используемой для охлаждения**

Вода, используемая для охлаждения, может содержать большое количество абразивных частиц, оставшихся от предыдущего использования.



### **Удаление осадка из хвостовых отвалов.**

Пыль и твердые частицы, образующиеся при плавке, зачастую собираются в прудах отстойниках. Для откачивания в данных условиях подходит установка на плавающей платформе с использованием агитатора и мешалки, устанавливаемой сбоку.



### **Насосы для перекачивания охлаждающей жидкости в технологических процессах**

Охлаждающее масло, содержащее металлические отходы от шлифовки или подобных технологических процессов.

## Плотность/Удельная масса

### Твердые частицы

Плотность твердых частиц установлена как Удельная масса.

Данное значение,  $SG_c$ , определяется посредством деления плотности твердых частиц на плотность воды.

### Вода

Плотность воды составляет  $1000 \text{ кг/м}^3$ . Удельная масса воды составляет 1,0 при температуре  $20^\circ\text{C}$ . Значение изменяется в зависимости от температуры.

### Шлам

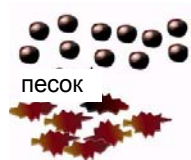
Удельную массу шлама можно определить при использовании номографии (см. стр. 39) или рассчитать (см. стр.38). Для этого должны быть известны два значения  $SG_c$ ,  $C_o$ , и  $C_m$ .

$SG_{\text{шл}}$  рассчитывается в ППНФ (FLYPS), исходя из вышеуказанных значений.

### Форма частиц

Важно знать форму частиц шлама для определения поведения шлама при откачивании или износе насоса и трубопроводной сети.

Параметр формы обозначает отклонение шламовых частиц от идеальной среды. В ППНФ (FLYPS) можно выбрать между песком (круглой формы) и слюдой (плоской формы).



слюда

# Типы жидкостей

За исключением плотности (см. стр. 17) характеристики жидкости определяются ее вязкостью.

Жидкости деформируются непрерывно, пока к ним применяется сила. Они считаются текучими. Жидкость при течении, встречается с сопротивлением внутреннего трения, возникающего при сцеплении молекул. Данное внутреннее трение является свойством жидкости, называемое вязкостью.

Вязкость жидкостей резко снижается при повышении температуры.

## Ньютоновские жидкости

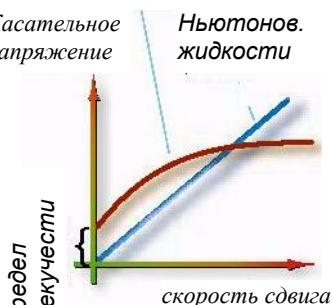
Ньютоновские жидкости, у которых скорость растет прямо пропорционально прилагаемому усилию. Вода и большинство жидкостей являются Ньютоновскими.

## Не-Ньютоновские жидкости

Некоторые жидкости, такие как шлам на водной основе с присутствием мелких частиц, не подчиняются простому соотношению прилагаемого усилия и скорости (сравните с неоседающим шламом, стр. 18). Они относятся к не-Ньютоновским жидкостям.

Некоторые не-Ньютоновские жидкости обладают уникальным свойством нетекучести до применения определенного усилия. Данное минимальное касательное напряжение известно как предел текучести.

Не Ньютонов.  
жидкости



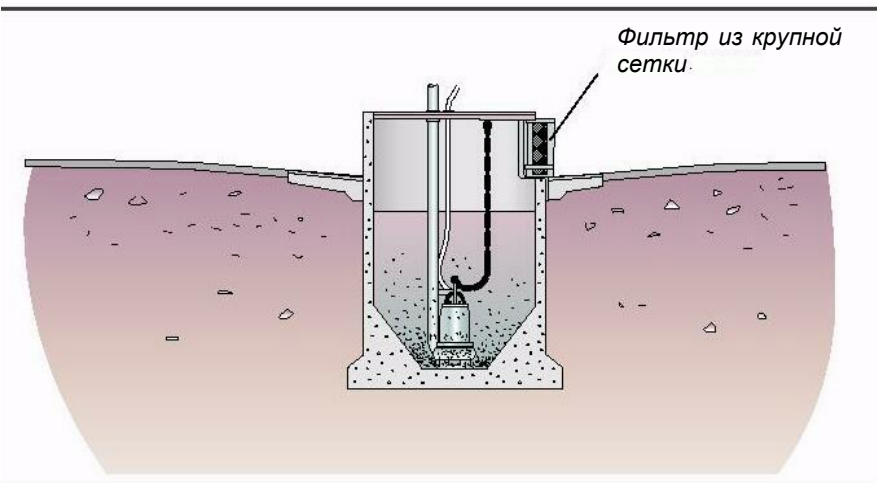
Когда откачиваемый шлам вязкий и неоседающий, необходимо применить вместо ППНФ (FLYPS) другие методы расчетов или вычисления, описанные в данной книге. Обратитесь за рекомендацией к группе технической поддержки Flygt.

### Конструкция отстойника

Так называемые желобные отстойники большого объема имеют зону отложений твердых частиц до перелива в часть меньшего размера, где устанавливается насос. В зону осаждения имеется доступ для экскаватора для удаления отложений.



Отстойники меньшего объема с откосными стенами создают турбулентность и высокую скорость в отстойнике, предотвращая осаждение шлама. Осевшие твердые частицы соскальзывают в зону непосредственно под впуском насоса.



## 5. Руководство по применению

Шламовые насосы Flygt могут применяться в различных отраслях промышленности. Целью данной главы является краткий обзор нескольких распространенных отраслей промышленности и применения шламовых насосов.

### Типы установки

Погружные насосы Flygt можно установить разными способами, указанными выше. Однако, существует несколько общих правил относительно установки, что следует принять во внимание независимо от применения.

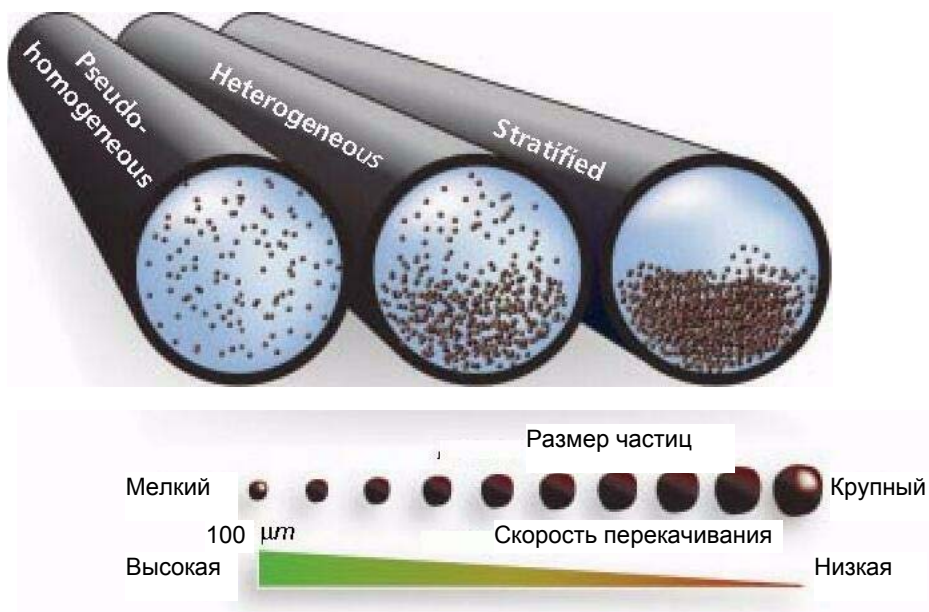
- Сухая установка: Шламовый насос должен быть всегда оборудован системой охлаждения. Для 5500 серии, вода для кожуха охлаждения подается снаружи.

Рассмотрите конструкцию отстойника для подачи шлама в насос. При данном методе установки нельзя использовать агитатор и мешалку, устанавливаемую сбоку.

-Погружная установка: Если возможно, отстойник следует оборудовать откосными стенами, чтобы позволить осаждаемым отложениям соскользнуть вниз непосредственно в зону под всасом насоса. Используйте агитатор при высоком содержании твердых частиц и высокой плотности частиц. Мешалка, устанавливаемая сбоку, является отличной альтернативой для повторного приведения твердых частиц во взвешенное состояние, если отстойник обладает большим объемом или отсутствуют откосные стены.

Можно установить мешалку в помощь агитатору при откачивании частиц высокой плотности.

На схеме показано как ведут себя разные типы шлама в зависимости от размера частиц и скорости перекачивания.



|                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Высокая скорость перекачивания и/или мелкие частицы означают, что все частицы находятся во взвешенном состоянии. Шлам обладает свойствами однородной смеси.</i> | <i>Когда размер частиц больше и скорость перекачивания ниже, частицы имеют тенденцию к осаждению на дне трубопровода или находятся в механическом контакте с ним. Шлам ведет себя как разнородная смесь.</i> | <i>При низкой скорости перекачивания и/или наличии крупных частиц, илам склонен к скапливанию/осаждению. Шлам, состоящий из крупных частиц, может скользить по трубопроводу.</i> |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

## Расчеты с применением ППНФ (FLYPS)

Чтобы иметь возможность определить параметры насоса, применяя ППНФ (FLYPS), который будет правильно функционировать при определенном типе шлама в отдельно взятой трубопроводной системе, необходимы данные о шламе (глава 3), а также сведения о напоре, требующемся расходе, конструкции данной сети трубопроводов.

Правильно рассчитанные шламовые насосы должны справиться с потерями, возникшими в результате трения в трубопроводе и запорной арматуре. Также важно, чтобы скорость потока не падала ниже критической скорости (см. стр. 24), в противном случае образуются осадочные отложения.

Важно, чтобы были указаны насколько возможно точные параметры шлама и трубопроводной сети. В случае необходимости произвести допущения при осуществлении расчетов, важно поставить заказчика в известность .

*"Опросный лист" на стр. 47 является контрольной таблицей, указывающей параметры, которые следует включить при производстве расчетов для подбора шламовых насосов.*

## Кавитация

Если  $NPSH_{и}$  ниже  $NPSH_{тр}$ , в рабочем колесе появляются пузырьки пара. Когда пузырьки достигают зону, где давление выше, они лопаются и могут стать причиной повреждения рабочего колеса и спиральной камеры.

Помимо повреждения насоса, кавитация может стать причиной низкого КПД, возникновения вибрации и шума.

## pH

Чтобы предотвратить повреждение, при низком значении pH, насосы покрывают эпоксидной краской (pH-предел 5,5). При высоком содержании хлоридов, используются цинковые аноды в дополнение к эпоксидной краске.

## Охлаждение

Погруженные шламовые насосы стандартного типа, как правило, охлаждаются окружающим средой, если температура среды не превышает макс. 40°C.

Однако, возникают случаи когда необходимо принять особые меры для охлаждения насосов:

1. Если насос работает над уровнем поверхности жидкости, постоянно или периодически дольше 10 мин.
2. Если это насос сухой установки.
3. Если температура откачиваемой среды превышает 40 °C.

В данных случаях охлаждение может быть устроено, используя кожух охлаждения. Насосы типа 5100/51 50 в случаях 1 и 2 могут охлаждаться внутренней системой охлаждения, а в случае 3 посредством наружной подачи охладителя.

Насосы типа 5500 в случаях 1-3 следует охлаждать применяя наружную подачу охладителя.

*См. также:  
Эффективное  
охлаждение,  
Стр. 9  
Технология чистого  
отстойника  
Стр. 28*

## Износ

Износ внутренней части шламовых насосов значительно изменяется в зависимости от скорости, концентрации и угла воздействия частиц. Самому большому износу подвергается рабочее колесо, затем корпус насоса и напорный патрубок.

Скорость изнашивания и интервалы между циклами технического обслуживания зависят от типа применения. Заказчику гарантируется наличие запасных частей и технического обслуживания Flygt, в качестве важной части процесса реализации продукции.

## Завышенная оценка системы потерь

Завышенная оценка потерь может стать причиной определения завышенных размеров насоса. Что в свою очередь может повлечь следующие проблемы:

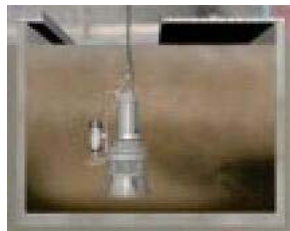
- Завышенный расход воды
- Высокое энергопотребление
- Перегрузка двигателя
- Порообразование



*Насос с агитатором*

## Технология чистого отстойника

Данная концепция предполагает эффективное откачивание шлама без образования осадочных отложений. Шлам поддерживается во взвешенном состоянии посредством применения агитатора или мешалки. В комплексе с системой охлаждения насоса и эффективной конструкции отстойника это может обеспечить эффективное опорожнение отстойника.



*Насос с мешалкой  
устанавливаемой с боку*

### Агитатор

При откачивании шлама, состоящего из крупных частиц, на вал насоса устанавливается агитатор для приведения во взвешенное состояние осевших частиц и облегчения их перекачивания.

### Мешалка, устанавливаемая сбоку

Для больших емкостей с крупными и тяжелыми частицами, где недостаточно работы агитатора, чтобы предотвратить формирование отложений, можно установить мешалку.

### Охлаждение

Внутренняя/ наружная система охлаждения предполагает, что насос может продолжать откачивание до низких уровней шлама. См. также Охлаждение на предыдущих страницах.



*Насос с внутренней системой  
охлаждения*

## 4. Системы шламовых насосов

### Характеристика насоса

Характеристика центробежного насоса, откачивающего шлам, отличается от характеристики насоса, откачивающего чистую воду, в зависимости от объема твердых частиц, содержащихся в шламе.

Разница зависит от характеристик шлама (размер частиц, плотность, форма, как описано в предыдущей главе).

Показателями, на которые оказывается воздействие, являются мощность ( $P$ ), напор ( $H$ ) и КПД ( $\eta$ ). Разница между шламом и водой указана схематично ниже.

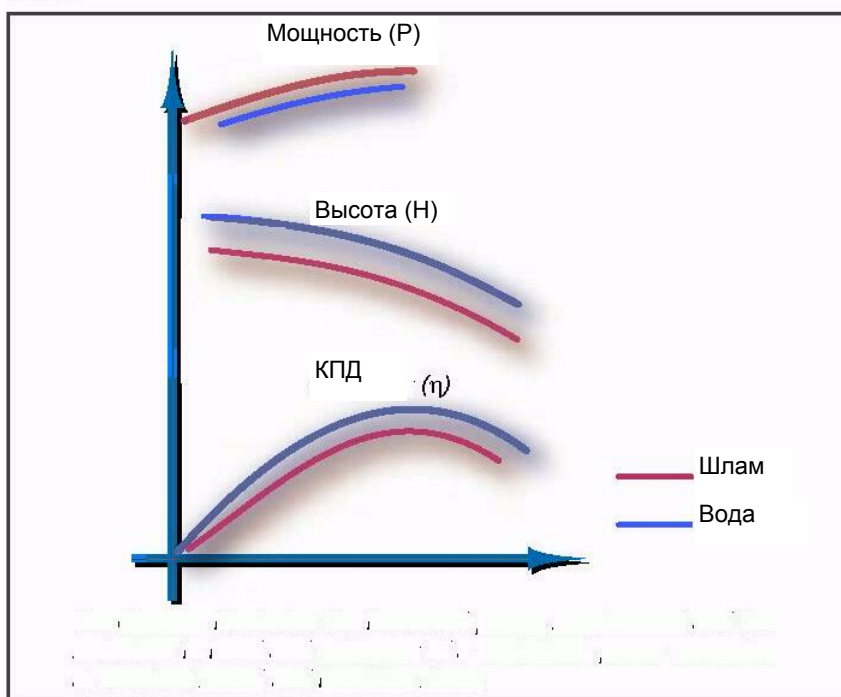


График показывает увеличивающуюся потребляемую мощность, снижение напора и КПД центробежных насосов, работающих при постоянной скорости и перекачивании шлама.

## Критическая скорость

В общем, скорость потока в трубопроводе должны поддерживаться выше определенного минимального значения.

Если скорость завышена, повышаются потери напора на трение потока. Это также может повысить износ трубопроводной сети. Заниженная скорость потока приводит к образованию отложений на стенках трубопровода, и таким образом увеличит потери.

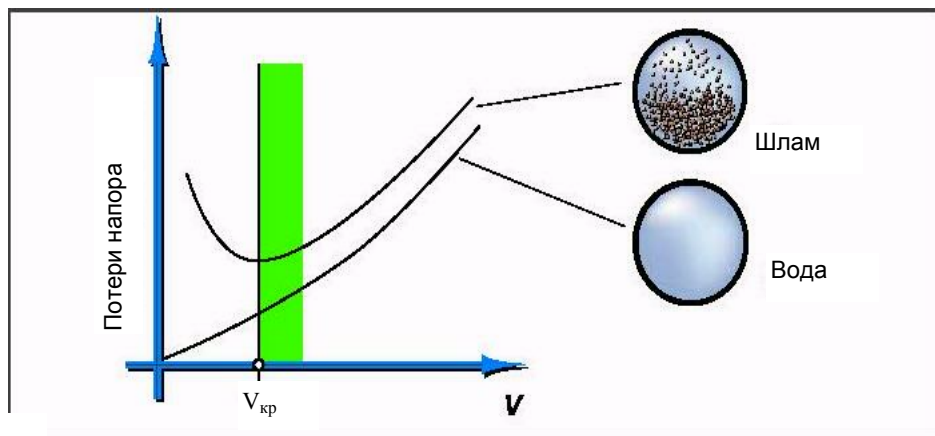
Это показано на графике ниже, где критическая скорость ( $V_{кр}$ ) означает оптимальную скорость, при которой потери сведены к минимуму.

При произведении расчетов для шламовых насосов при определенном расходе, следует сравнить желаемую скорость потока ( $V$ ) с критической скоростью ( $V_{кр}$ ) для шлама и данной трубопроводной сети. Как показано на графике ниже, идеальной скоростью (обозначенной зеленым) является скорость, находящаяся сразу над критической, но в пределах для экстремальных случаев, которые могут возникнуть.

Для определения критической скорости необходимо знать диаметр трубопровода и размер частиц ( $d_{85}$ ). Затем значение корректируется коэффициентом, который зависит от удельной массы твердых частиц.

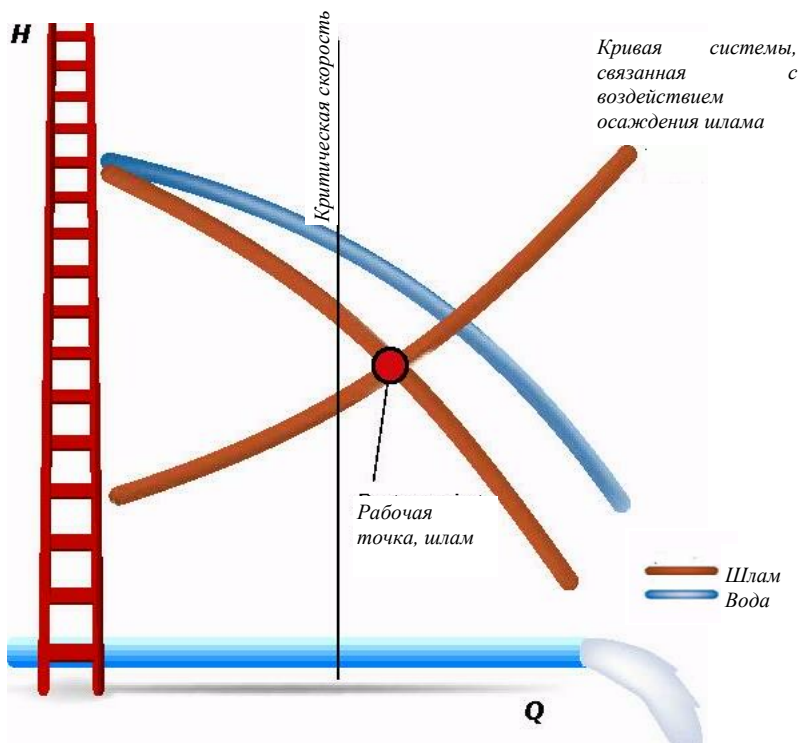
При определении параметров насосов, применяя ППНФ (FLYPS), программа рассчитывает критическую скорость на основании введенных параметров.

$d_{85}$ , см. стр.16.



# Определение параметров насоса

ППНФ (FLYPS) покажет соответствующие насосы с правильным расходом, напором на основании введенных параметров шлама и трубопроводной сети.



График, указанный выше, схематически показывает:

- кривую насоса для воды
- пониженную кривую для шлама
- рабочую точку для шлама, т.е. точку, в которой кривая насосной системы и кривая КПД пересекаются.

В ППНФ (FLYPS) могут рассматриваться следующие сведения:

- Кривая характеристики шлама
- Мощность на валу для шлама и чистой воды
- Гидравлический КПД для шлама и чистой воды
- Вакуумметрическая Высота всасывания
- Кривая системы
- Рабочая характеристика чистой воды

## Прочее

Помимо фактических расчетных работ, ряд практических точек зрения следует принять во внимание при проектировании системы и подборе насосов.

### Вакуумметрическая высота всасывания (NPSH)

Всякий раз когда используются центробежные насосы, важно, чтобы давление на входе насоса превышало давление насыщенного пара жидкости внутри насоса. Требуемое давление на входе, установленное для насоса, Вакуумметрическая Высота всасывания ( $NPSH_{тр}^*$ ) должна быть не меньше имеющегося значения в насосной системе  $NPSH_{и}^*$ .

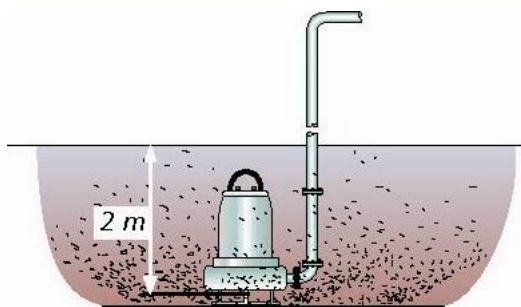
Имеющееся значение зависит от окружающего атмосферного давления (высота над уровнем моря), давления насыщенного пара жидкости, плотности шлама и уровня шлама в отстойнике.

Пример: Откачивание шлама на водяной основе на высоте 1000 м над уровнем моря. Температура жидкости составляет 40°C/ уровень жидкости 2 м над впуском насоса.

Формула:

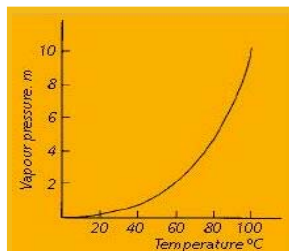
$NPSH_{и}$  = атмосферное давление – давление насыщенного пара + уровень в отстойнике

$$NPSH_{и} = 9,2 - 0,4 + 2 = 10,8$$



Значение  $NPSH_{и}$  должно превышать значение, указанное для насоса,  $NPSH_{тр}$

- $NPSH_{тр} = NPSH_{требуемое}$
- $NPSH_{и} = NPSH_{имеющееся}$



Давление испарения при разной температуре для воды

Атмосферное давление в метрах напора воды на разной высоте над уровнем моря:

| м, над уровнем моря | м, H <sub>2</sub> O |
|---------------------|---------------------|
| 0                   | 10,3                |
| 1000                | 9,2                 |
| 2000                | 8,1                 |
| 3000                | 7,1                 |

# Проектирование системы

## Статический напор

Статический напор является разницей вертикальной высоты от поверхности источника шлама до точки сброса.

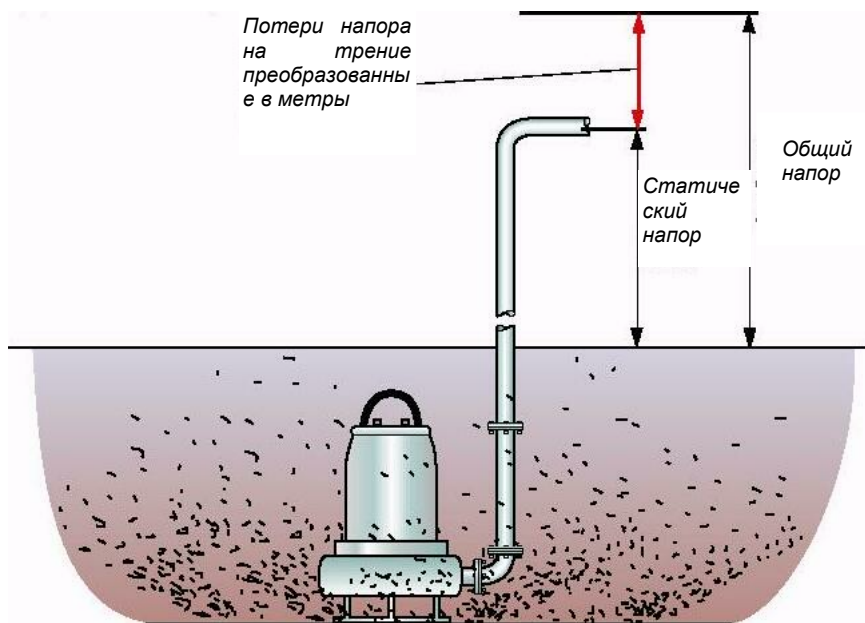
## Потеря напора на трение потока

Когда жидкость начинает течь по напорному трубопроводу и через запорную арматуру, возникает трение. При откачивании шлама потеря напора на трение потока, вызванная шероховатостью трубопровода, отводов и запорной арматуры, отличается от соответствующих потерь при откачивании воды. Расчеты произведены, применяя ППНФ (FLYPS) на основании введенных параметров.

Для расчетов вручную потери напора на трение потока для шлама, см. стр. 41.

## Общий напор насоса

Данное значение используется для расчетов размеров насоса и включает в себя статический напор плюс потери напора на трение потока, вызванные трубопроводом и запорной арматурой, преобразованное в метры воды.





[www.flygt.com](http://www.flygt.com)