

### 5.1. Расчет емкости приемного резервуара

Емкость резервуара задается уровнями откачки максимальной и минимальной. Объем воды между этими уровнями называется регулируемым. По нему и ведутся расчеты в данной главе, и для упрощения будем называть его емкостью приемного резервуара. Эта величина зависит от объема поступающих в станцию вод, подачи насосов, допустимого времени цикла откачки (количества пусков в час), заданных производителем насоса/двигателя.

Погружные насосы, благодаря жидкостному охлаждению электродвигателя, своей компактности, конструктивным особенностям, допускается включать гораздо чаще классических (непогружных), в связи с чем насосные станции с погружными насосами проектируют значительно меньших размеров.

Большинство производителей погружных насосов указывают, что максимальное число пусков — 15 раз в час. Хотя в отдельных публикациях фирмы приводят примеры и более высоких частот включений малых агрегатов (0–5 кВт), так Grundfos показывает 25 [36, 37], а Flygt даже 60 пусков в час без опасности снижения срока службы [38].

Были рассмотрены руководства по расчетам, рекомендации по проектированию насосных станций, оборудованных агрегатами погружной установки, и соответствующие компьютерные программы расчета ведущих насосных фирм: ITT Flygt, Grundfos/Sarlin, KSB, ABS и др. (В России подобные работы из-за недавнего появления производителей погружных канализационных насосов не выполнялись). Рекомендации Grundfos / Sarlin, например, базируются [36] на выдерживании двух размеров (рис. 5.10) в насосной стан-

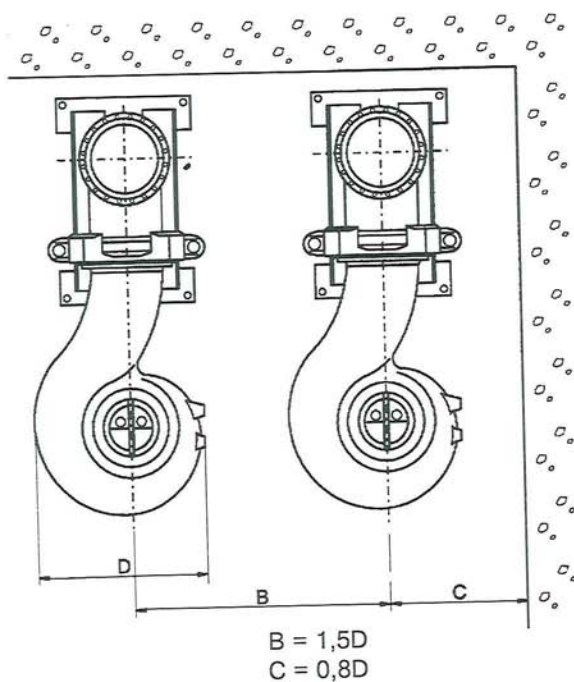


Рис. 5.10. Рекомендуемые размеры для установки погружных насосов Grundfos

ции (расстояний между осями насосов  $B$  и от оси насоса до ближайшей стены  $C$ ), а также определении регулирующей емкости резервуара с использованием уравнения

$$Vh = \frac{Q}{4Z_{\max}}, \quad (5.1)$$

где  $Vh$  — регулирующая емкость мокрой камеры станции;  $Q$  — подача насоса, л/с;  $Z_{\max}$  — максимальная частота пусков насосов в час, 1/ч.

Наиболее проработан у Grundfos-Sarlín раздел комплектных насосных станций заводского изготовления [37].

Компания KSB рекомендует [39] для проектирования приемных резервуаров использовать четыре размера (рис. 5.11): диаметр резервуара  $D$ ; расстояние между насосами  $E$ ; расстояние от насоса до близлежащих задней  $B$  и боковой  $DN1$  стенок резервуара.

Фирма ABS использует для определения объема резервуара формулу [40]

$$Vh = \frac{0,9Qp}{Z}, \quad (2)$$

где  $Vh$  — регулирующий объем колодца, м<sup>3</sup>;  $Qp$  — подача насоса, л/с;  $Z$  — число пусков насосов в час, 1/ч, при этом допустимая частота пусков агрегатов:  $Z = 20/\text{ч}$  при мощности насосов 0—11 кВт,  $Z = 15/\text{ч}$  при мощности 11—160 кВт и  $Z = 10/\text{ч}$  при >160 кВт.

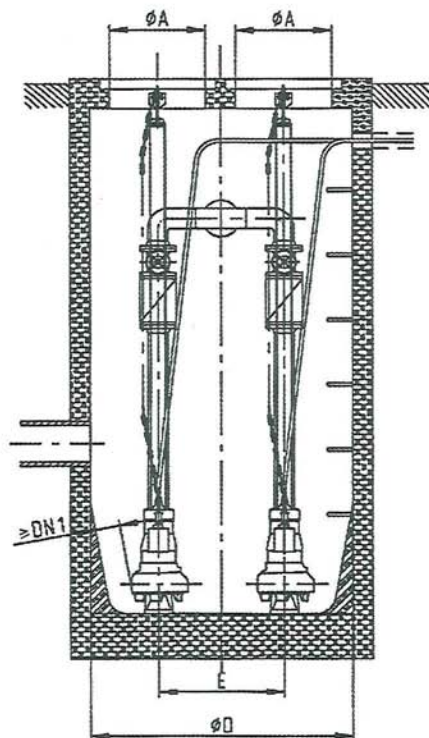


Рис. 5.11. Рекомендуемые размеры для установки погружных насосов KSB

Интересна компьютерная программа ABS по подбору насосов и конструированию станций. Она позволяет инженерам увидеть станцию как в плоских, так и в трехмерных координатах.

Но наиболее детально, на наш взгляд, и раньше других (с 1974 г.) тема расчета и проектирования насосных станций с погружными агрегатами была исследована компанией ИТТ Flygt совместно с Британским технологическим университетом и Ассоциацией гидромехаников [41, 42]. В стандартах Института Гидравлики США по проектированию насосных приемных резервуаров [15] приведен в приложении именно данный расчет.

Здесь описываются наработки ИТТ FlygtAB, а также собственный (с 1989 г.) опыт применения погружных насосов.

Два основных фактора определяют минимальные размеры приемного резервуара станции – гидравлика перекачки и число пусков насосных агрегатов.

При 10 включениях в час, например, время цикла между пусками  $T$  составляет 6 минут.

Максимальное число пусков получается в случае, если насос половину времени работает, а оставшуюся половину времени простаивает. При этом подача насоса  $Q$  с учетом указанных данных должна вдвое превышать приток воды  $q$ , поскольку агрегат в течение 3 минут должен перекачать объем воды, поступающей за 6 минут, т.е.  $q = Q/2$ .

Регулирующий (активный) объем, т.е. объем между уровнем при пуске и уровнем при остановке (рис. 5.12), должен быть подобран так, чтобы он соответствовал притоку воды за 3 минуты.

Требуемый объем между пуском и остановкой  $V_{\text{треб}}$  вычисляется по формуле

$$V_{\text{треб}} = \frac{T_{\text{мин}} \times Q}{4}, \quad (5.3)$$

где  $V_{\text{треб}}$  – требуемый объем, л;  $T$  – время цикла, с;  $Q$  – производительность насоса, л/с.

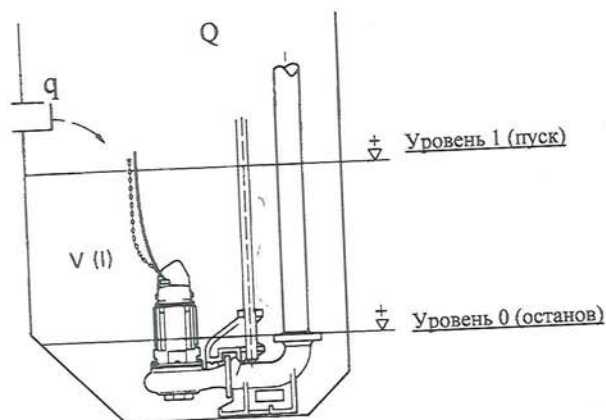


Рис. 5.12. Схема колодца с погружными насосами



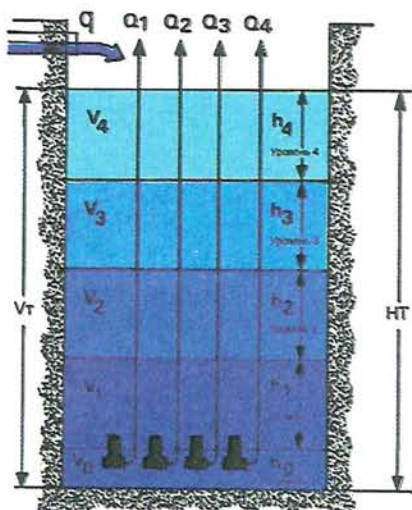


Рис. 5.13. Функциональная схема с четырьмя насосами

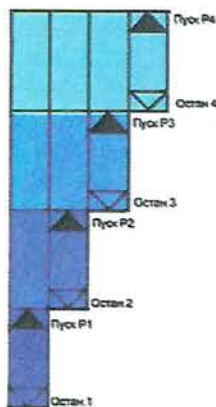


Рис. 5.14. Операционная схема 1

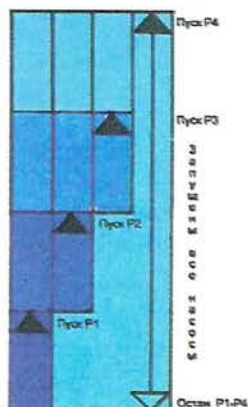


Рис. 5.15. Операционная схема 2

Время цикла  $T$  определяется как сумма продолжительностей наполнения резервуара ( $V/q$ ) и его откачки  $V/(Q - q)$  по формуле

$$T_{\min} = \frac{V}{q} + \frac{V}{Q - q}, \quad (5.4)$$

где  $T_{\min}$  — время между двумя последовательными пусками, т.е. время цикла насоса (с);  $V$  — активная (регулирующая) емкость сборного резервуара, т.е. объем между уровнем при пуске (уровень 1) и уровнем при остановке (уровень 0), л;  $q$  — приток воды в насосную станцию, л/с;  $Q$  — производительность насоса, л/с.

Станции с более чем одним установленным насосом могут включаться в работу и останавливаться по двум операционным схемам (последовательностям). На рис. 5.13 проиллюстрировано действие станции с четырьмя насосами.

Рассмотрим две операционные схемы ее работы.

**Схема 1.** Характеризуется последовательно выполняемыми пусками при регулировании по индивидуальным уровням воды по мере наполнения резервуара. Как только уровень начинает падать, насосы отключаются в обратном порядке (рис. 5.14). Эта схема обеспечивает более равномерный расход, что рекомендуется для подач на очистные установки.

**Схема 2.** Пуски насосов осуществляются в той же последовательности, что по схеме 1, но все насосы продолжают работать до достижения минимального уровня остановки и затем отключаются (рис. 5.15).

На графиках (рис. 5.16) с помощью представленных для примера характеристик систем показана зависимость объемной подачи от числа насосов, работающих параллельно.

С использованием формул (5.3), (5.4) определены регулируемые объемы сборного резервуара в зависимости от времени цикла и производительности на-

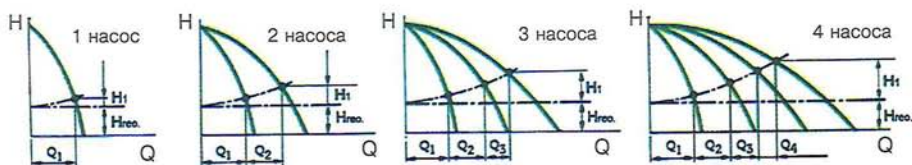


Рис. 5.16. Построение графика совместной работы насосов и трубопровода

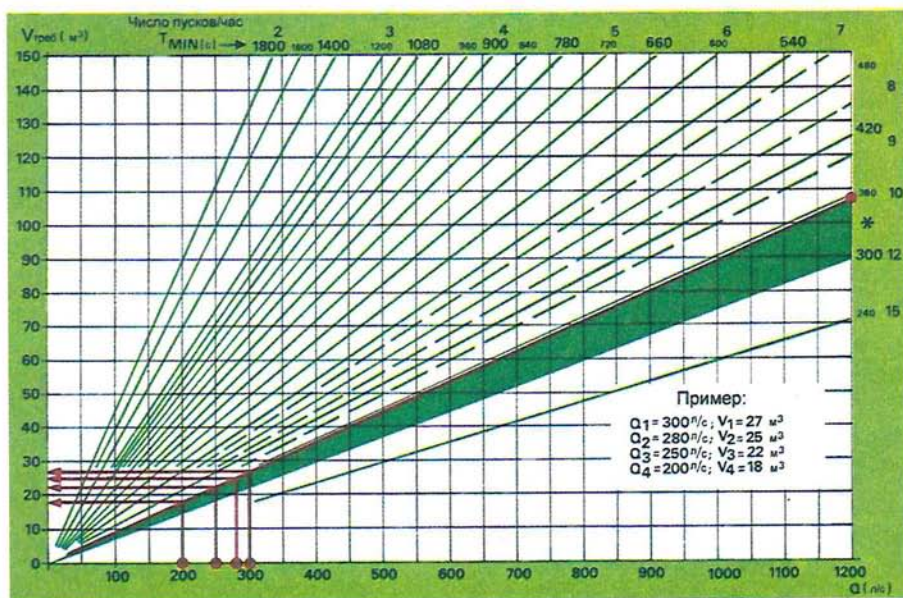


Рис. 5.17. Диаграмма расчета объема приемного резервуара при работе насосов по схеме 1

соса. Полученные данные при работе по схеме 1 представлены в виде диаграммы (рис. 5.17). По оси ординат диаграммы отложен объем сборного резервуара в  $\text{м}^3$ . Величины объемной подачи для различных систем отложены по оси абсцисс, а число пусков в час и продолжительность циклов отложены по двум осям, одна из которых параллельна оси абсцисс, а другая — оси ординат.

Для определения объема приемного резервуара следует выбрать на диаграмме соответствующий расход  $Q$  (л/с) и провести вертикальную линию до пересечения с диагональной прямой, представляющей число пусков в час или время цикла. От точки пересечения провести горизонтальную линию влево и определить по оси соответствующие индивидуальные объемы. Суммарный требуемый объем приемного резервуара в данном примере (см. рис. 5.17) равен  $92 \text{ м}^3$ .

Требуемый минимальный объем приемного резервуара под насосы с подачей  $300 \text{ л/с}$ , рассчитанный по действующим российским нормам [13] на пятиминутную подачу наиболее производительного насоса, составит  $90 \text{ м}^3$ , что хорошо согласуется с полученным результатом.

Пуск насосов при работе станции по операционной схеме 2 осуществляется в той же последовательности, что и по схеме 1, но здесь все насосы продолжают качать до тех пор, пока уровень воды не достигнет нижнего уровня



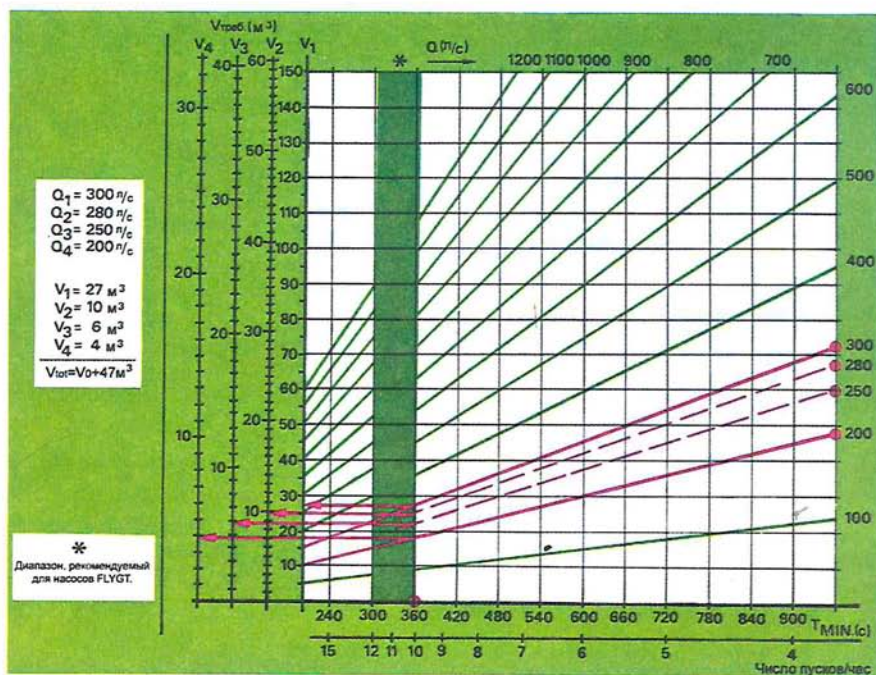


Рис. 5.18. Диаграмма расчета объема приемного резервуара при последовательности включений по схеме 2

отключения. Поэтому объемы  $V_2$ ,  $V_3$  и  $V_4$  сборного резервуара будут меньше, чем для операционной схемы 1. Объем  $V_1$  остается тем же.

На диаграмме (рис. 5.18) значения подач отложены по осям, параллельным осям абсцисс и ординат. По оси абсцисс отложено время циклов, а величины минимальных объемов сборного резервуара отложены по четырем осям, параллельным оси ординат.

Чтобы определить объемы  $V_1$ ,  $V_2$ ,  $V_3$  и  $V_4$  нужно найти на диаграмме точку, соответствующую известной объемной подаче (согласно характеристике системы) и известному времени цикла, и найденную точку спроецировать на ось ординат.

Введением альтернативной системы управления, позволяющей обеспечить попеременное использование насосов, можно уменьшить объем сборного резервуара, а также достичь более равномерного распределения моточасов между четырьмя насосами.

Данная система может применяться для станций с любым числом насосов.

## 5.2. Рекомендации по конструированию насосно-приемного резервуара

При проектировании насосной станции важнее всего заложить благоприятные гидравлические условия для работы агрегатов.

Поток воды в любой насос должен быть однородным и установившимся, без завихрений и вовлечения воздуха в жидкость.