

Т. М. БАШТА, С. С. РУДНЕВ, Б. Б. НЕКРАСОВ,
О. В. БАЙБАКОВ, Ю. Л. КИРИЛЛОВСКИЙ

ГИДРАВЛИКА, ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ МАШИНЫ И ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ПРИВОДЫ

Под редакцией
д-ра техн. наук, проф. Т. М. БАШТЫ

*Допущено Министерством высшего и среднего
специального образования СССР в качестве учебника
для студентов машиностроительных специальностей
высших учебных заведений*



ИЗДАТЕЛЬСТВО «МАШИНОСТРОЕНИЕ»
Москва 1970

всасывающий трубопровод ($q_{пер}$). Мощность насоса при его работе на режиме $N_{пер}$ равна $N_{B_{пер}}$.

Из рис. 2.38 видно, что наименьшая мощность получается при регулировании изменением числа оборотов, несколько больше мощность при регулировании дросселированием; самая большая — при регулировании перепуском $N_{B_{об}} < N_{B_{др}} < N_{B_{пер}}$. Этот результат справедлив лишь для насосов, у которых с увеличением подачи мощность увеличивается (тихоходные и нормальные центробежные насосы). Если с увеличением подачи мощность уменьшается (например, осевые насосы), то регулирование перепуском экономичнее регулирования дросселированием.

§ 2.17. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНАЯ И ПАРАЛЛЕЛЬНАЯ РАБОТА НАСОСОВ НА СЕТЬ

Последовательное соединение насосов применяется для увеличения напора в тех случаях, когда один насос не может создать требуемого напора. При этом подача насосов одинакова, а общий напор равен сумме напоров обоих насосов, взятых при одной и той же подаче. Следовательно, суммарная характеристика насосов $I + II$ (рис. 2.39) получается сложением ординат кривых напоров I и II обоих насосов. Пересечение суммарной характеристики насосов с характеристикой насосной установки даст рабочую точку A , которая определяет подачу Q и суммарный напор $H_I + H_{II}$ обоих насосов. Опустив из точки A вертикаль, получаем на пересечении ее с кривыми напоров напоры насосов H_I и H_{II} .

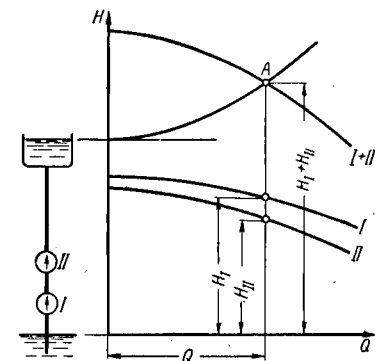


Рис. 2.39. Последовательная работа насосов

При последовательном соединении насосов жидкость, подводящая к насосу II имеет значительное давление. При этом давление в насосе II может превысить величину, допустимую по условиям прочности. В этом случае насос II следует размещать отдельно от насоса I , в такой точке напорного трубопровода, в которой давление жидкости снижается до безопасной для насоса II величины. Эту точку можно определить, построив пьезометрическую линию напорного трубопровода.

Насосы, работающие параллельно на один длинный трубопровод, обычно устанавливаются близко друг от друга, в пределах одного машинного зала. На рис. 2.40 слева показана такая схема установки двух насосов. Так как насосы II и I установлены близко друг от друга, а трубопровод, на который они работают, длинный, то можно пренебречь сопротивлением всасывающих и напорных трубопроводов до узловой точки O . Пусть приемные уровни обоих

насосов одинаковы. При этом напор насосов одинаков, так как одинаково давление в точке O , создаваемое обоими насосами.

Заменим оба насоса одним насосом, имеющим подачу, равную сумме подач обоих насосов, взятых при одинаковом напоре. При такой замене режим работы насосной установки не изменится. Для получения характеристики этого насоса или суммарной характеристики двух насосов, следует сложить абсциссы точек кривой напора $H = f(Q)$ обоих насосов, взятых при одной и той же ординате. Иными словами, следует сложить кривые напоров I и II обоих насосов по горизонтали. Пересечение суммарной характеристики $I + II$ с характеристикой насосной установки дает рабочую точку A . Абсцисса точки A равна суммарной подаче обоих насосов $Q_I + Q_{II}$, ордината — напору насосов $H_I = H_{II}$. Проведя через точку A горизонтальную прямую, получаем на пересечении с кривыми I и II напоры режимные точки C и B насосов I и II .

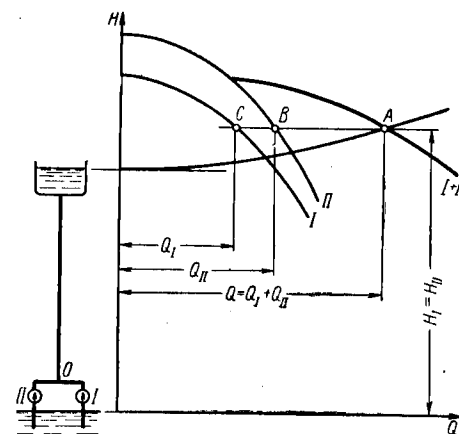


Рис. 2.40. Параллельная работа насосов, находящихся на близком расстоянии

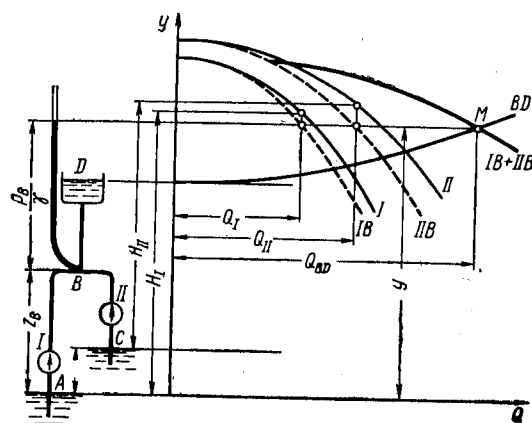


Рис. 2.41. Параллельная работа насосов

отметках. В точке B поставим пьезометр. Высота жидкости в пьезометре равна пьезометрическому напору $\frac{P_B}{\gamma}$ в сечении B . Приняв

за плоскость сравнения приемный уровень насоса I и пренебрегая скоростным напором, получим полный напор жидкости в сечении B :

$$y = z_B + \frac{P_B}{\gamma}. \quad (2.60)$$

Для решения поставленной задачи изобразим графики зависимости полного напора y в сечении B от расхода жидкости по трубопроводам установки. Ось абсцисс графиков совместим с приемным уровнем насоса I . Напишем уравнения движения жидкости в трубопроводах AB , CB и BD .

Трубопровод AB . Напор насоса I тратится на подъем жидкости с уровня A до уровня B на высоту z_B , создание в точке B пьезометрического напора $\frac{P_B}{\gamma}$ и преодоление гидравлических потерь h_{AB} в трубопроводе AB (скоростным напором в сечении B пренебрегаем):

$$H_I = z_B + \frac{P_B}{\gamma} + h_{AB}.$$

Или, согласно уравнению (2.60),

$$y = H_I - h_{AB}. \quad (2.61)$$

Для построения кривой зависимости y от расхода жидкости по трубопроводу AB следует, согласно уравнению (2.61), из ординат характеристики I насоса I вычесть величину гидравлических потерь в трубопроводе AB , пропорциональных квадрату расхода. В результате получаем кривую IB , которую будем называть характеристикой насоса I , приведенной к точке B .

Трубопровод CB . Напор насоса II тратится на подъем жидкости с уровня C до уровня B на высоту $z_B - z_C$, создание в точке B пьезометрического напора $\frac{P_B}{\gamma}$ и преодоление гидравлических потерь h_{CB} в трубопроводе CB :

$$H_{II} = (z_B - z_C) + \frac{P_B}{\gamma} + h_{CB}.$$

Отсюда

$$y = H_{II} + z_C - h_{CB}.$$

Для построения кривой зависимости y от расхода по трубопроводу CB необходимо к ординатам характеристики насоса II прибавить высоту z_C , или, другими словами, построить характеристику насоса II от его приемного уровня (уровень C) и от ординат получившегося графика II вычесть гидравлические потери в трубопроводе CB . В результате получаем характеристику IIB насоса II , приведенную к точке B .

Трубопровод BD . Уравнение Бернулли для сечений B и D имеет вид

$$z_B + \frac{P_B}{\gamma} = z_D + h_{BD}$$

(скоростным напором в сечении B пренебрегаем). Отсюда

$$y = z_D + h_{BD}. \quad (2.62)$$

Для построения кривой BD зависимости y от расхода по трубопроводу BD необходимо к постоянной величине z_D прибавить гидравлические потери в трубопроводе BD , пропорциональные квадрату расхода.

Расход по трубопроводу BD равен сумме расходов по трубопроводам AB и CB :

$$Q_{BD} = Q_I + Q_{II}. \quad (2.63)$$

Построим кривую $IB + IIB$ зависимости y от суммарного расхода по трубопроводам AB и CB . Для этого необходимо для каждого значения y суммировать абсциссы приведенных характеристик IB и IIB (суммировать кривые IB и IIB по горизонтали). Насосная установка работает при таком значении y , при котором расход по трубопроводу BD равен сумме расходов по трубопроводам AB и CB , т. е. при котором абсциссы суммарной характеристики $IB + IIB$ и кривой BD одинаковы. Этому удовлетворяет точка M пересечения этих кривых. Абсцисса точки M равна расходу по трубопроводу BD . Ордината равна y . Зная величину y , можно найти по приведенным характеристикам IB и IIB расходы Q_I и Q_{II} жидкости по трубопроводам AB и CB , равные подачам насосов I и II , а по известным подачам Q_I и Q_{II} по характеристикам I и II насосов найти их напоры H_I и H_{II} .

§ 2.18. РАБОТА НАСОСА НА РАЗВЕТВЛЕННЫЙ ТРУБОПРОВОД

На рис. 2.42 изображена схема установки с разветвленной сетью. Насос подает жидкость в два резервуара C и D , расположенные на разных уровнях. Требуется определить режим работы насоса и расходы в обоих ответвлениях.

Возможны два случая работы насоса на сеть:

1. Уровень жидкости в пьезометре, установленном в точке B , выше уровня жидкости в резервуаре D ($y > z_D$). В этом случае жидкость от точки B движется как в резервуар C , так и в резервуар D .

2. Уровень жидкости в пьезометре ниже уровня жидкости в резервуаре D ($y < z_D$). В этом случае жидкость по трубопроводу BD движется в направлении от точки D к точке B .

Разберем сначала первый случай работы насоса на сеть. Напишем уравнения движения жидкости по трубопроводам AB , BC и BD .