

§ 2.13. НАСОСНАЯ УСТАНОВКА И ЕЕ ХАРАКТЕРИСТИКА

На рис. 2.29 изображена схема насосной установки. К насосу 7, приводимому в движение электродвигателем 6, жидкость поступает из приемного резервуара 1 по всасываемому трубопроводу 12. Насос нагнетает жидкость в напорный резервуар 2 по напорному трубопроводу 3. На напорном трубопроводе имеется регулирующая задвижка 8, при помощи которой изменяется подача насоса. Иногда на напорном трубопроводе устанавливают обратный клапан 10, автоматически перекрывающий напорный трубопровод при остановке насоса и препятствующий благодаря этому возникновению обратного тока жидкости из напорного резервуара. Если давление в приемном резервуаре отлично от атмосферного, то на всасывающем трубопроводе устанавливается монтажная задвижка 11, которая перекрывается при остановке или ремонте насоса. В начале всасывающего трубопровода часто имеется приемная сетка 13, предохраняющая насос от попадания твердых тел, и пятовой клапан 14, дающий возможность залить жидкостью перед пуском.

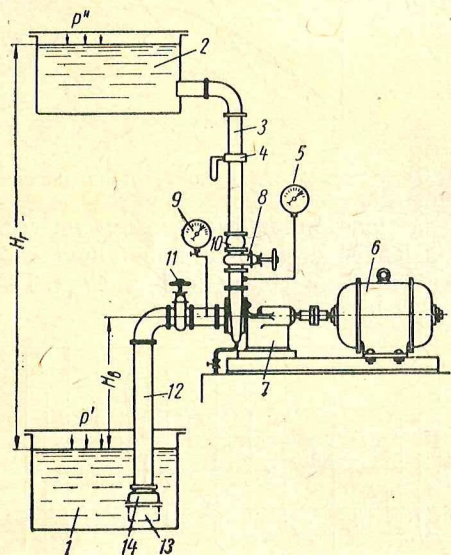


Рис. 2.29. Схема насосной установки

насос и всасывающий трубопровод

Работа насоса контролируется по расходомеру 4, который измеряет подачу насоса, и по манометру 5 и вакуумметру или манометру 9, дающим возможность определить напор насоса.

Назовем уровни свободной поверхности жидкости в приемном и напорном резервуарах *приемным* и *напорным уровнями*; разность H_g высот напорного и приемного уровней — *геометрическим напором насосной установки*.

Для того чтобы перемещать жидкость по трубопроводам установки из приемного резервуара в напорный, необходимо затрачивать энергию на подъем жидкости на высоту H_g , на преодоление разности давлений $p'' - p'$ в резервуарах и на преодоление суммарного гидравлического сопротивления Σh_n всасывающего и напорного трубопроводов. Таким образом, энергия, необходимая для перемещения единицы веса жидкости из приемного резер-

вуара в напорный по трубопроводам установки, или *потребный напор*,

$$H_{\text{потр}} = H_g + \frac{p'' - p'}{\gamma} + \Sigma h_n = H_{\text{ст}} + \Sigma h_n,$$

где $H_{\text{ст}} = H_g + \frac{p'' - p'}{\gamma}$ — статический напор установки.

Характеристикой насосной установки называется зависимость потребного напора от расхода жидкости. Геометрический напор H_g , давления p'' и p' и, следовательно, статический напор $H_{\text{ст}}$ от расхода обычно не зависят. При турбулентном течении гидравлические потери пропорциональны квадрату расхода:

$$\Sigma h_n = kQ^2,$$

где k — сопротивление трубопроводов насосной установки.

На рис. 2.30 справа изображен график характеристики насосной установки, слева — схема установки. Уровни, на которых размещены элементы установки, на схеме вычерчены в масштабе оси напоров графика. Уровень в приемном резервуаре совмещен с осью абсцисс графика. Так как статический напор установки от подачи насоса не зависит, то характеристика насосной установки представляет суммарную характеристику всасывающего и напорного трубопроводов $\Sigma h_n = kQ^2$, смещенную вдоль оси напоров на величину $H_{\text{ст}}$.

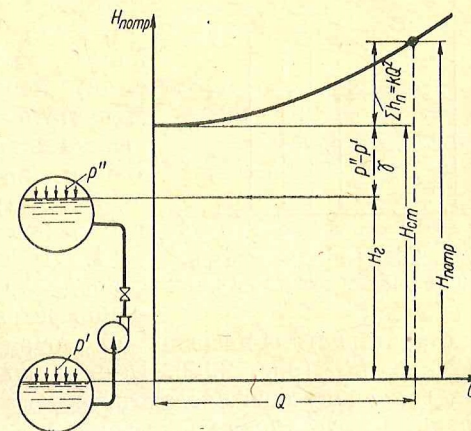


Рис. 2.30. Характеристика насосной установки

§ 2.14. РАБОТА НАСОСА НА СЕТЬ

Насос, установленный в данной насосной установке, работает на таком режиме, при котором потребный напор равен напору насоса, т. е. при котором энергия, потребляемая при движении жидкости по трубопроводам установки, равна энергии, сообщаемой жидкости насосом. Для определения режима работы насоса следует на одном и том же графике в одинаковых масштабах нанести характеристику насоса и насосной установки (рис. 2.31). Равенство напора насоса и потребного напора установки получается для режима, определяемого точкой *A* пересечения характеристик. Покажем, что насос не может работать в режиме, отличном от режима *A*. Предположим, что насос работает в режиме *B*.

В этом случае напор, сообщаемый насосом жидкости, равен H_B ; напор, расходуемый при движении жидкости по установке, равен $H_{B\text{потр}} < H_B$. Таким образом, энергия, расходуемая при движении жидкости по установке, меньше сообщаемой ей насосом. Избыток энергии в жидкости идет на приращение ее кинетической энергии. Следовательно, скорость жидкости увеличивается. Увеличение скорости приведет к увеличению расхода, которое будет происходить до тех пор, пока он сравняется с Q_A . Если подача насоса больше Q_A (режим C , рис. 2.31), то сообщаемый насосом напор меньше потребляемого. Недостаток энергии приведет к уменьшению скорости движения и, следовательно, к уменьшению расхода до Q_A . Рассмотрим частные случаи насосных установок.

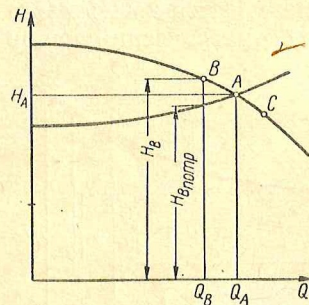


Рис. 2.31. Определение режима работы насоса на сеть

и характеристика насосной установки представляет собой кривую $H_{\text{потр}} = kQ^2$ (рис. 2.32). Весь напор затрачивается на преодоление гидравлического сопротивления в системе. Наносим на характеристику установки характеристику насоса. Пересечение кривой

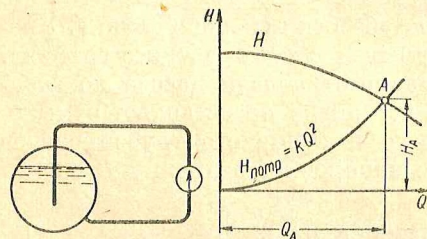


Рис. 2.32. Работа насоса на насосную установку при $H_2 = 0$ и $p'' = p'$

1. Приемный и напорный уровни совпадают. При этом геометрический напор установки H_2 равен нулю, $p'' = p'$

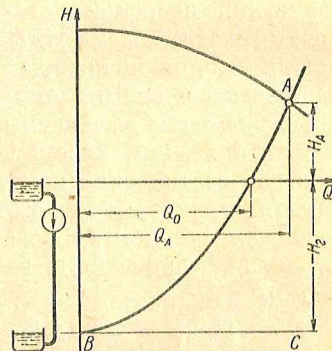


Рис. 2.33. Работа насоса на установку с отрицательным геометрическим напором

напоров $H = f(Q)$ насоса с характеристикой установки $H_{\text{потр}} = kQ^2$ дает рабочую точку A , определяющую режим работы насоса.

2. Напорный уровень находится ниже приемного (рис. 2.33). Геометрический напор при этом отрицателен. Поэтому его следует откладывать вниз от оси абсцисс графика. Пусть $p'' = p'$. Приемный уровень схемы установки совмещаем с осью абсцисс. Построив

от прямой BC вверх кривую потерь $\Sigma h_n = kQ^2$, получим характеристику установки. В пересечении кривой напоров характеристики насоса с характеристикой насосной установки находим точку A , которая определяет режим работы насоса. Точка пересечения характеристики установки с осью абсцисс дает величину расхода Q_0 в трубопроводе при отсутствии насоса. Включение насоса увеличило расход в системе на величину $Q_A - Q_0$.

§ 2.15. НЕУСТОЙЧИВАЯ РАБОТА НАСОСНОЙ УСТАНОВКИ (ПОМПАЖ)

В некоторых случаях работа насоса неустойчива: подача насоса резко меняется от наибольшего значения до нуля, величина напора колеблется в значительных пределах, наблюдаются гидравлические удары, шум и сотрясения всей машины. Это явление называется *помпажем*. Помпаж происходит у насосов, имеющих кривую напоров $H = f(Q)$ с западающей левой ветвью (рис. 2.34), т. е. кривую напоров, имеющую максимум при $Q > 0$. Такую характеристику имеют обычно тихоходные насосы.

Рассмотрим неустойчивую работу насоса по схеме, изображенной на рис. 2.34. Насос I подает жидкость по трубопроводу 3 в резервуар 5 , откуда она поступает по трубе 4 к потребителю. Пусть в начальный момент резервуар заполнен жидкостью до уровня a . При этом насос работает в режиме A . Если при этом расход жидкости, отводимый к потребителю, меньше подачи насоса Q_A , то уровень жидкости в резервуаре будет повышаться, характеристика установки будет смещаться вверх и подача насоса в соответствии с кривой напоров $H = f(Q)$ характеристики будет уменьшаться до тех пор, пока рабочая точка не займет положения M . Если при этом подача насоса превосходит расход, который сбрасывается из резервуара 5 по трубе 4 , то уровень в резервуаре вывисается еще больше и характеристика установки пройдет выше характеристики насоса. При этом потребный напор станет больше напора насоса, в результате чего произойдет срыв подачи. Под действием обратного тока жидкости обратный клапан 2 закроется. Насос при этом будет работать при подаче $Q = 0$ и напоре H_0 . Вследствие отсутствия притока жидкости в резервуар 5 уровень жидкости в нем будет уменьшаться (жидкость продолжает вытекать

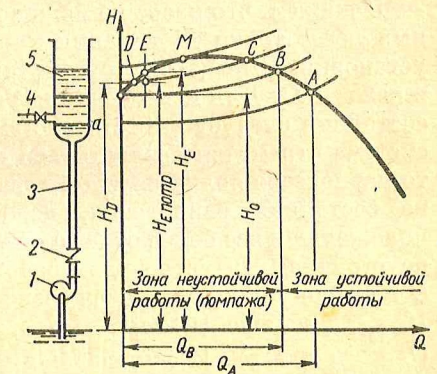


Рис. 2.34. Неустойчивая работа (помпаж) насоса