

УДК 621.646.94 ГРНТИ 52.01.84

ВЛИЯНИЕ КОЛИЧЕСТВА ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ДИОДОВ В НАПОРНОМ ТРУБОПРОВОДЕ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЗАЩИТЫ ВОДООТЛИВНЫХ УСТАНОВОК ОТ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ УДАРОВ

Оверко В.М., канд. техн. наук, доц.,
Овсянников В.П., канд. техн. наук, доц.,
Донецкий национальный технический университет

Определено рациональное количества гидравлических диодов в системе водоотлива с погружными насосами.

The authors have defined the appropriate number of hydraulic diodes for the immersed pump system.

Постановка задачи. Известно, что, увеличивая обратное сопротивление напорного трубопровода насосной установки, можно достигнуть существенного снижения величины приращения давления при гидравлическом ударе (рисунок 1).

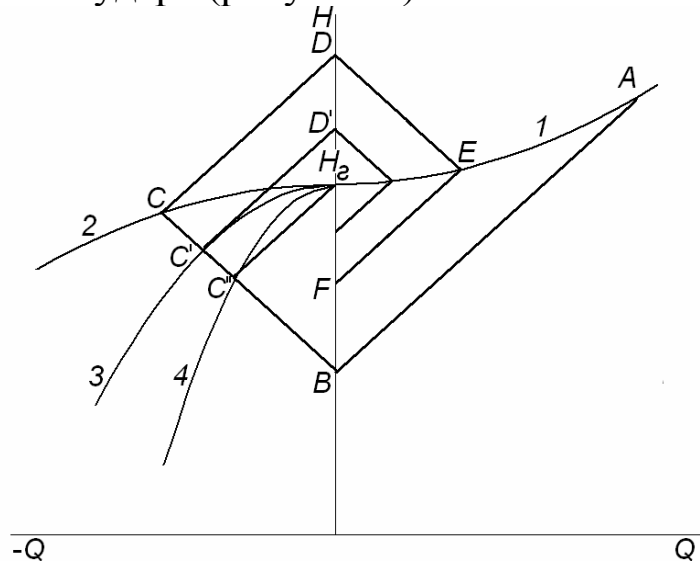


Рисунок 1 - К выбору параметров гидравлического диода

Абсолютно эффективную защиту можно получить, если увеличенное обратное сопротивление будет равномерно распределено по всей длине напорного трубопровода. Вообразить такое решение можно, например, если предположить возможность соответствующего изменения шероховатости внутренней поверхности трубопровода через фазу гидравлического удара. Техническое же решение подобной идеи представляется затруднительным, поэтому реальные предложе-

ния в этом направлении связаны с применением концентрированных сопротивлений в виде гидравлических диодов.[1].

Под гидравлическим диодом понимается устройство, имеющее разное сопротивление потоку при его движении в прямом и обратном направлениях.

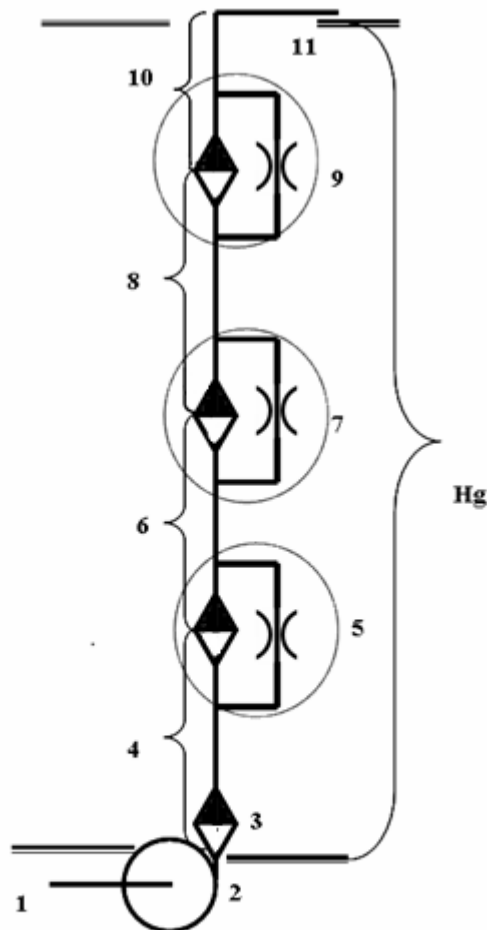


Рисунок 2 Расчетная схема водоотливной установки

Состояние вопроса. В последнее время в связи с широким распространением водоотливных установок с погружными насосами для водоотливов закрытых шахт встает вопрос о надежных противоударных мероприятиях, так как любые ремонтные работы на них чрезвычайно дорогие. В этих условиях применение каких-либо сбросных систем типа гасителей гидравлических ударов представляется нецелесообразным. Наилучшим способом защиты подобных систем от гидравлических ударов считаем оборудование напорного трубопровода гидравлическими диодами, о чем было заявлено в середине восьмидесятих годов [2]. К аналогичным выводам пришли и иностранные специалисты, например, инженеры фирмы Flowserve, которые рекомендуют через каждые 100 – 120м. вертикального става устанавливать обратные клапаны с обводным каналом. Безусловно, увеличение количества диодов приведет к более качественному гашению колебаний давления. Однако,

при этом возрастет прямое сопротивление потоку, а, следовательно, уменьшается производительность насосов и увеличиваются энергозатраты.

Целью работы является обоснование рационального количества гидравлических диодов для защиты от гидравлических ударов и тоски их установки в системе водоотлива с погружными насосами.

Расчетная схема водоотливной установки включает:

1. всасывающий трубопровод длиной l_0 ;

2. центробежный насос;
3. обратный клапан на линии нагнетания насоса;
4. первый участок трубопровода длиной l_1 ;
5. первый гидравлический диод;
6. второй участок трубопровода длиной l_2 ;
7. второй гидравлический диод;
8. третий участок трубопровода длиной l_3 ;
9. третий гидравлический диод;
10. четвертый участок трубопровода длиной l_4 ;
11. участок трубопровода на поверхности длиной l_5 .

Метод исследования. Рассмотрим переходные процессы в конкретной водоотливной установке, которая имеет следующие параметры: диаметр трубопроводов на всех участках в $d_t=0.25$, $l_0=10$ м., $l_1=l_2=l_3=l_4=120$ м., $l_5=20$ м. (длины внутренних участков выбраны в соответствии с правилами установки защитных гидравлических диодов), таким образом, геометрическая высота установки $H_g=480$ м. При расчетах будем рассматривать насос, напорная характеристика которого аппроксимируется параболой $(H_0 - bQ - cQ^2) \cdot Z \cdot \rho \cdot g$, коэффициенты которой соответственно равны $H_0 = 51,5$ м., $b = 911,375 \text{ с} \cdot \text{м}^{-2}$, $c = 710,5 \text{ с}^{-2} \cdot \text{м}^{-5}$, Q – расход через насос, $Z=8$ количество колес насоса, ρ, g соответственно плотность жидкости и ускорение свободного падения.

Граничные условия в трубопроводе водоотливной установки с погружным насосом рассмотрены в статье [3]. Гидравлические диоды формируют граничные условия, которые описываются системой уравнений вида:

$$\begin{aligned} p_{i+1}(0, t) &= p_i(L_i, t) - a_i^d(t) \cdot Q_i(L_i, t) \cdot |Q_i(L_i, t)|, \\ Q_i(L_i, t) &= Q_{i+1}(0, t) \end{aligned} \quad (1)$$

где $p_i(l_i, t), Q_i(l_i, t)$ соответственно, давление и расход в точке l_i в момент времени t в пределах $i^{\text{го}}$ участка, $i=6, 8, 10$;

L_i – длина $i^{\text{го}}$ участка;

$a_i^d(t)$ – текущее гидравлическое сопротивление диода

$$a_i^d(t) = \begin{cases} a_p & \text{при } Q_i(0, t) \geq 0 \\ a_o & \text{при } Q_i(0, t) < 0 \end{cases}$$

a_p – прямое гидравлическое сопротивление диода, при расчетах величина a_p принималась равной сопротивлению отверстия диаметром d_t ,

a_0 – обратное гидравлическое сопротивление диода, при расчетах величина a_0 принималась равной сопротивлению отверстия диаметром $d_i/10$, что практически соответствует рекомендациям фирмы Flowserve.

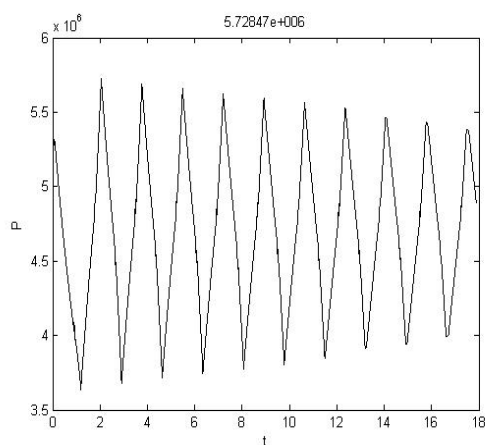


Рисунок 3 - Гидравлический удар в незащищенной водоотливной установке

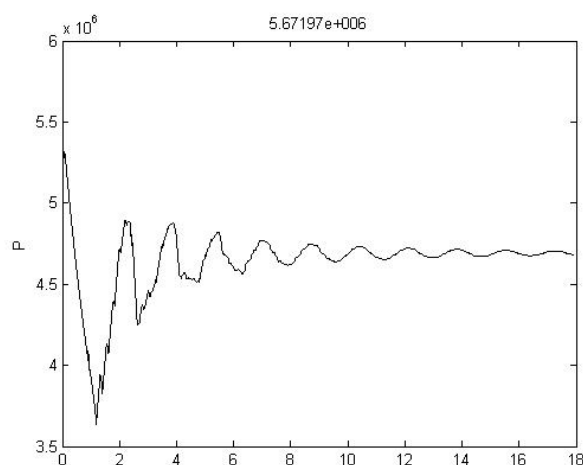


Рисунок 4. Переходный процесс в защищенной водоотливной установке (включен 1^й диод)

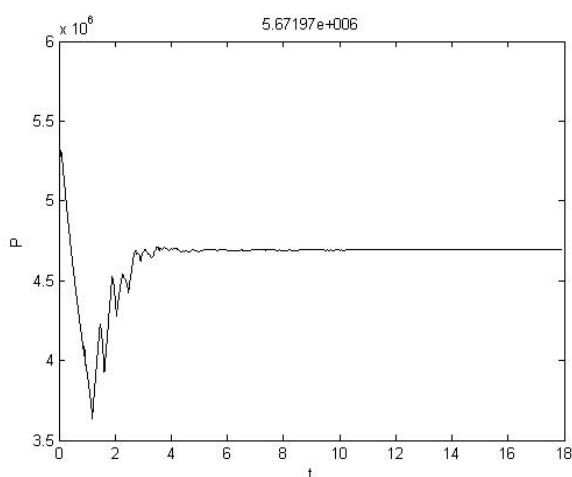


Рисунок 5 - Переходный процесс в защищенной водоотливной установке (включен 2^й диод)

стка в рассматриваемой водоотливной установке, возникающий при внезапном отключении насоса при отсутствии средств защиты. Из приведенного графика видно, что гидросистема нуждается в защите от гидравлических ударов.

Очевидно, что для отключения $i^{го}$ диода достаточно считать $a_0 = a_p$.

На рисунке 3 показан переходный процесс в начале 4^{го} уча-

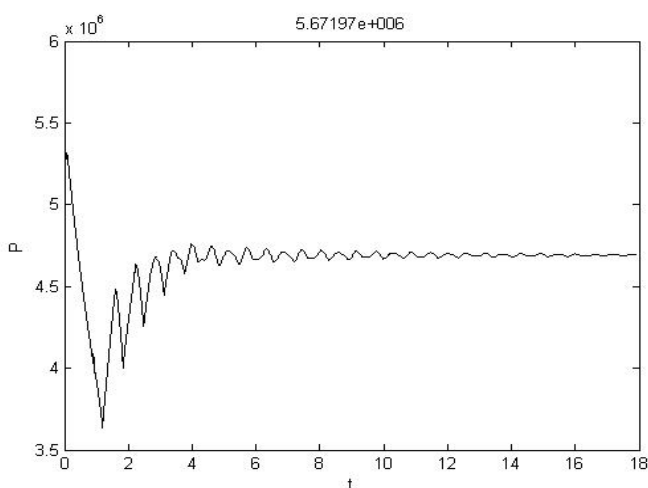


Рисунок 6 Переходный процесс в защищенной водоотливной установке (включен 3^й диод)

На рисунках 4,5,6,7,8,9,10 показаны графики переходных процессов при различном количестве включенных диодов. Из этих графиков видно, что использование гидравлических диодов является эффективным средством защиты водоотливных установок от гидравлических ударов, поскольку все эти переходные процессы в целом носят аperiodический характер без повышения давления. При использовании для защиты одного гидравлического диода наилучшее качество переходного процесса достигается в случае его установки в середине трубопровода.

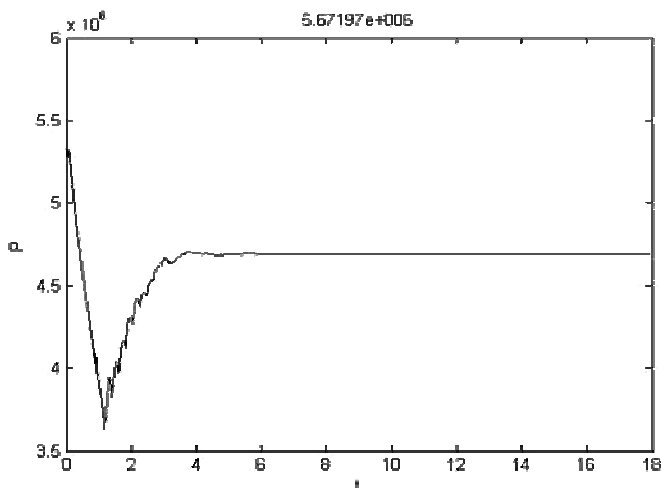


Рисунок 7 - Переходный процесс в защищенной водоотливной установке (включены 1^й и 2^й диоды)

лических диодов таким образом, чтобы исключить дополнительные статические нагрузки на элементы конструкции водоотливной установки.

Во-вторых, возможно возникновение дополнительно резонансных явлений за счет механических воздействий, которые могут возникать при не синхронном срабатывании клапанов, на работе которых базируется формирование напорных характеристик гидравлических диодов.

В третьих, каждый дополнительный гидродиод увеличивает на 3 – 5 % общие энергозатраты в системе и повышает капитальные затраты на строительство водоотлива

Полное выполнение требований по защите трубопровода от гидравлических ударов при помощи диодов (в данном конкретном слу-

пользовании для защиты одного гидравлического диода наилучшее качество переходного процесса достигается в случае его установки в середине трубопровода.

Очевидно, что использование двух диодов улучшает качество переходного процесса. Однако применение двух диодов значительно осложняет монтаж и эксплуатацию водоотливной установки.

Во-первых, необходимо обеспечить установку гидрав-

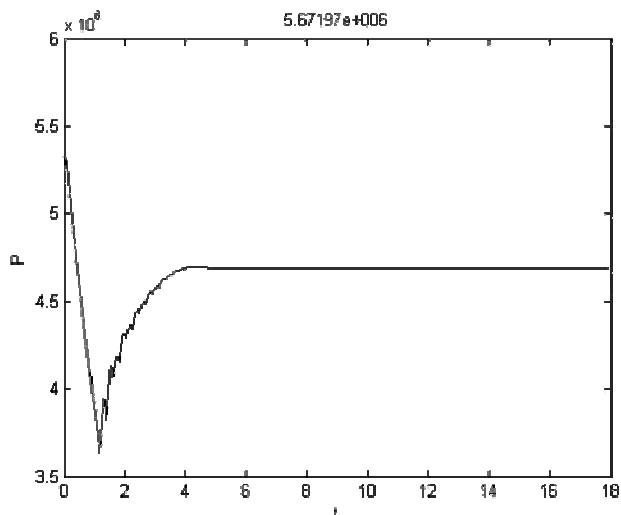


Рисунок 8 - Переходный процесс в защищенной водоотливной установке (включены 1^й и 3^й диоды)

чае установка трех обратных клапанов с байпасами через 393,70 фу-

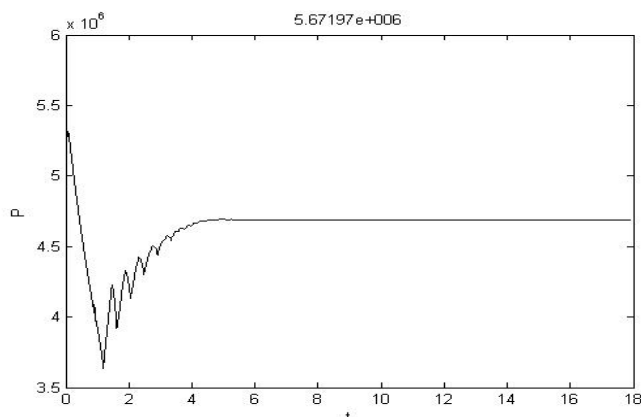


Рисунок 9 - Переходный процесс в защищенной водоотливной установке (включены 2^й и 3^й диоды)

Выводы. Таким образом, из результатов расчетов следует, что с достаточной для практических задач степенью (уровень повышения давление ниже допустимого и ответственуют дополнительные динамические нагрузки)

напорный трубопровод водоотливной установки может быть защищен от гидравлических ударов одним гидравлическим диодом, установленным в середине трубопровода. Причем гидравлический диод должен иметь оптимальное сопротивление байпаса [4].

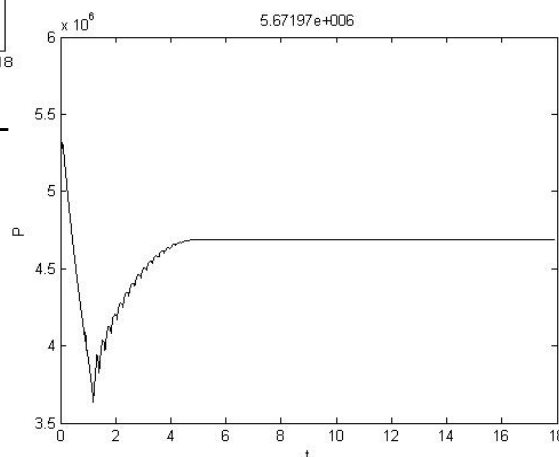


Рисунок 10 - Переходный процесс в защищенной водоотливной установке (включены все диоды)

Список источников

1. А.с. №1183770 «Устройство для гашения гидравлического удара» / Тимошенко Г.М., Оверко В.М. и др.-опубл. БИ № 37, 1985.
2. Оверко В.М. Овсянников В.П. Оптимизация параметров гасителей гидравлических ударов в шахтных гидросистемах / Разработка месторождения полезных ископаемых. Респ. межвед. науч.-техн. сб. Киев, Техника, 1986, вып. 75, с. 25-30
3. Защита от гидравлических ударов водоотливных установок с погружными насосами Оверко В.М., Овсянников В.П., Папаяни. О.Ф / Разработка рудных месторождений науч. - техн. сб. Министерство образования и науки Украины. Криворожский технический университет. Кривой Рог 2006, вып №1 (90) с. 158-162.
4. Г.М. Тимошенко, В.П. Овсянников О возможности предотвращения гидравлических ударов в шахтных водоотливных установках с помощью специальных клапанов. Дел. в УКР-НИИНТИ 21стр. 27.05.85 № 1132

Дата поступления статьи в редакцию: 5.11.08