

О гидравлических ударах в трубопроводных системах

МОНАСТЫРНЫЙ А.И.

Первый зам. генерального директора,

главный инженер

УСЕНКО М.Ю.

Зам. генерального директора по развитию

МАКЕЕВ К.С.

Начальник ЛНК

НОВОСЕЛОВ Д.Н.

Заместитель начальника ЛНК

СУРКОВ А.В.

Ведущий инженер ОЭБПКД

ООО «Томский ИТЦ»

Современные масштабы применения трубопроводных систем предъявляют особые требования к исключению или снижению вероятности возникновения в них гидравлических ударов. Если избежать гидравлических ударов невозможно, то уже на стадии проектирования необходимо предусматривать мероприятия по компенсации их влияния на трубопровод.

В соответствии с определением, принятым в промышленности, гидравлическим ударом называется удар, создаваемый путем повышения или понижения гидромеханического давления в напорном трубопроводе, вызываемого изменением во времени скорости движения жидкости (газа) в сечении трубопровода. Явление гидравлического удара является негативным в процессе эксплуатации трубопроводного транспорта. От силы гидравлического удара (величины перепада давления) напрямую зависят его последствия: от незначительных повреждений до многометровых раскрытий стальных трубопроводов, требующих значительных материальных и трудовых затрат на восстановительные работы. Поэтому одной из задач при проектировании трубопроводов является исключение или снижение вероятности возникновения этого явления в процессе эксплуатации.

Насосные станции для перекачивания нефти из резервуарного парка в магистральный трубопровод состоят, как правило, из нескольких насосных агрегатов, работающих параллельно. Зачастую трубопроводы обвязки насоса комплектуются сильфонными или линзовыми компенсаторами. При этом магистральная часть трубопровода (отводящий от насоса трубопровод) комплектуется системой сглаживания волн давления. Участок же от резервуарного парка до насосной станции (подводящий трубопровод), как правило, лишен такой системы.

Аварийная остановка одного из насосов может привести, в таком случае, к следующим последствиям. После аварийной остановки первого насосного агрегата фронт повышенного давления по подводящему трубопроводу возвращается к резервуару, откуда, отразившись, вновь движется к насосам. При этом на остальных насосных агрегатах могут сработать блокировки по максимальному уровню давления, что приведет к их отключению и полной остановке потока рабочей среды. Это усилит величину гидравлического удара, рассчитываемую по формуле Н.Е. Жуковского:

$$\Delta P = P \cdot v \cdot a, \quad (1)$$

где P – исходное (рабочее) давление в трубопроводе; a – скорость распространения ударной волны, зависящая от упругих свойств жидкости и материала трубопровода; v – скорость потока нефти в трубопроводе.

В результате такого гидроудара суммарное давление в трубопроводе может увеличиться в 2,5 раза относительно исходного.

$$P_{\text{сум.}} = P + \Delta P = 2,5P \quad (2)$$

Если сильфонный компенсатор имеет неразгруженную конструкцию, такое увеличение давления вызовет дополнительное распорное усилие на опоры трубопровода, возникающее вследствие осевого хода компенсатора, зависящее от эффективной площади компенсатора и величины суммарного давления при гидроударе.

Распорное усилие компенсатора от

внутреннего суммарного давления определяется по формуле:

$$Q = P_{\text{сум.}} \cdot F_{\text{эф.}}, \quad (3)$$

где $P_{\text{сум.}}$ – давление суммарное, Н/мм²; $F_{\text{эф.}}$ – эффективная площадь компенсатора, мм².

В зависимости от схемы подающего трубопровода и конструкции его опор это может привести к растяжению компенсатора и смещению трубопровода с разрушением опорных конструкций.

Таким образом, для обеспечения безаварийной и надежной работы трубопроводной системы следует на стадии проектирования предусматривать необходимые средства борьбы с гидравлическими ударами, которые выбирают в зависимости от схемы трубопровода, его гидравлических параметров и продольного профиля.

Литература

1. Сильфоны. Расчет и проектирование // Под ред. Л.Е. Андреевой. – М.: Машиностроение. – 1975.
2. Трубопроводный транспорт нефти и газа // Учебник для вузов / Р.А. Алиев, В.Д. Белоусов, А.Г. Немудров и др. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра. – 1988. – 368 с.
3. Гидравлика и гидропривод // Учебник для студентов горных специальностей вузов / В.Г. Гейер и др. – М.: Недра. – 1970. – 303 с.