

ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО УДАРА ГАЗОЖИДКОСТНОЙ СМЕСИ

Xajimatova Mavluda Mamasoliyevna

Старший преподаватель, ДжизПИИ, г. Джизак

АННОТАЦИЯ

В данной статье рассмотрены вопросы описания процессов, происходящих в насоснокомпрессорной трубе (НКТ) при наличии в них устройств преобразующих структуру потока. Составлено уравнение Бернулли для нестационарного движения газожидкостной смеси и решая ее, определены расчетные формулы для скорости смеси, давления и времени разгона в зависимости от параметров устройств. Учитывая сжимаемость смеси и стенок трубопровода, устанавливаются соотношения для оценки максимального повышения значения давления в НКТ, а так же время прохождения ударной волной удвоенного расстояния между устройствами и времени закрытия горловины патрубка.

Ключевые слова: трубопровод, уравнения, частица, жидкость, деформация, гидравлический удар, модуль упругости.

ANNOTATION

In this article the questions of description of processes occurring in the tubing in the presence of devices transforming the structure of the flow are considered. The Bernoulli equation for unsteady motion of gas-liquid mixture is formulated and solving it, the calculation formulas for the mixture velocity, pressure and acceleration time depending on the parameters of the devices are determined. Taking into account the compressibility of the mixture and pipeline walls, the relations for estimation of maximum pressure rise in the tubing, as well as the time of shock wave passing the doubled distance between the devices and the time of closing the spigot neck are established.

Key words: pipeline, equations, particle, liquid, deformation, hydraulic shock, modulus of elasticity.

Введение: Рассмотрим процессы, возникающие при внезапном полном или частичном закрытии горловины патрубка с фланцем. Закрытие горловины патрубка происходит после залпового выброса накопившегося газа из устройства и принятия патрубком верхнего положения.

В случае тех же допущений, которые были приняты при рассмотрении процесса разгона [1-4], т.е. не сжимаемости жидкости и не деформируемости стенок трубы, из уравнения неустановившегося движения в момент закрытия $v_{cm} = 0$, следовательно, $h_c = 0$ следует

$$\frac{P}{\gamma_{cm}} = H + \frac{P_B}{\gamma_{cm}} - \frac{l}{g} \frac{dv_{cm}}{dt} \quad (1)$$

Остановка потока означает, что за бесконечно малый промежуток времени

скорость от конечного значения v_{cm} уменьшилась до нуля, т.е.

$$\frac{dv_{cm}}{dt} \rightarrow -\infty \quad \text{откуда} \quad \frac{P}{\gamma_{cm}} \rightarrow +\infty \quad (2)$$

Откуда следует, что в случае несжимаемой жидкости и жесткой трубы при мгновенном закрытии горловины патрубка процесс торможения частиц смеси распространяется с бесконечной скоростью и давление повышается до бесконечности, что не соответствует естественным процессам. Поэтому при рассмотрении процесса остановки смеси в промежутке расстояния между устройствами необходим учет сжимаемости смеси и деформируемости стенок трубых[5-8].

Если до остановки смесь двигалась со скоростью v_{cm} , то в момент закрытия частицы смеси, находящиеся вблизи верхнего конца патрубка, останавливаются, а жидкость в НКТ между устройствами будет продолжать двигаться вперед по инерции. Движущиеся частицы, прижимаясь к частицам, останавливающимся у верхнего конца патрубка, вызовут повышение давления, благодаря чему стенки патрубка и перевернутого стакана расширяются. Этот процесс продолжается до некоторого значения давления, после которого приближающиеся к задвижке частицы останавливаются и процесс торможения

с некоторой скоростью распространяется в обратном направлении. Процессы, происходящие при внезапном изменении скорости движения жидкости, называется гидравлическим ударом, а распространение этого процесса по трубопроводу называется распространением волны гидравлического удара.

Методы исследования: При закрытии горловины патрубка остатком сжатого газа в области 5 происходит гидравлический удар, давление вблизи горловины патрубка и в объеме 5 повышается и положительная волна со скоростью a распространяется вниз к нижнему устройству, если рассматривается самое нижнее устройство, то волна гидравлического удара движется к забою. Когда волна распространяется в сторону нижнего устройства давление в НКТ повышается, при достижении волны нижнего устройства (или забоя) давление в них тоже повышается. При уравнивании давления жидкость расширяется, стенки трубопровода сжимаются до своих первоначальных значений, имевших до гидравлического удара и высвободившийся при этом объем жидкости двигается к нижнему устройству (забою) с такой же скоростью, с какой происходит гидравлический удар. Возникает отрицательная волна, которая распространяется от нижнего устройства (забоя) к верхнему устройству [9-12]. Так как патрубок закрыт, происходит гидравлический удар. Начинается новый цикл, повторяющийся от первоначального положения.

Результаты: Если бы в системе не было гидравлических сопротивлений и газовой фазы в жидкости, первый цикл все время тождественно повторялся бы. Однако, за счет сопротивлений и гашений ударных волн в газовой фазе в каждом последующем цикле давление и скорость становится меньше, чем в предыдущем и в конце концов процесс затухает. Согласно работам скорость распространения волны гидравлического удара определяется по равенству

$$a = \frac{a_0}{\sqrt{1 + \frac{d K}{\delta E}}}, \quad (3)$$

а повышение давления при гидравлическом ударе

$$\frac{\Delta P}{\gamma_{cm}} = \frac{a \Delta v}{g}, \quad (4)$$

где a - скорость распространения волны гидравлического удара; a_0 - скорость распространения звуковых волн в неограниченной жидкой среде; d - внутренний диаметр трубопровода; δ - толщина стенок трубопровода; K - объемный модуль упругости жидкости; E - модуль упругости материала стенок трубопровода; ΔP - повышение давления; Δv - величина уменьшения скорости в трубопроводе вызывающая удар; $\gamma_{см}$ - удельный вес смеси [13-15].

Если скорость распространения звуковых волн в жидкости, содержащей умеренное объемное содержание газа при нормальном атмосферном давлении, принять равной $a_0 = 1000$ м/сек, объемный модуль упругости $K = 2 \cdot 10^3$ кГ/см², модуль упругости стальных труб $E = 2 \cdot 10^6$ кГ/см², а $\frac{d}{\delta} = 100$, то для скорости гидравлического удара получим

$$a = \frac{1000}{\sqrt{1 + 100 \frac{2 \cdot 10^3}{2 \cdot 10^6}}} = \frac{1000}{\sqrt{1,1}} = 953,47 \text{ м/сек.} \quad (5)$$

Повышение давления при гидравлическом ударе будет

$$\frac{\Delta P}{\gamma_{см}} = \frac{953,47}{10} \Delta v \approx 95,4 \Delta v. \quad (6)$$

Откуда следует, что при изменении скорости потока на 1 м/сек приводит к повышению давления на 95,4 м. Таким образом, учет ничтожно малых деформаций жидкости и стенок трубопровода раскрывает истинную суть гидравлического удара и создает возможность определить действительные значения скорости распространения волны и повышения давления в системе.

При мгновенном открытии щелей 3 перевернутого стакана, избыточное давление мгновенно падает от значения H статического до некоторого минимального. Благодаря чему диаметр трубы уменьшается, жидкость расширяется и выделенный в результате этих деформаций объем жидкости вытекает из устройства в НКТ с некоторой скоростью U , т.е. возникает отрицательная волна удара, движущаяся вниз со скоростью a .

Понижение давления, вызывающее эту волну равна $\frac{\Delta P}{\gamma_{см}} = u$. Так как изменение

давления в зависимости от изменения скорости имеет вид

$$\frac{\Delta P}{\gamma_{\text{см}}} = \frac{a \Delta v}{g}, \quad (7)$$

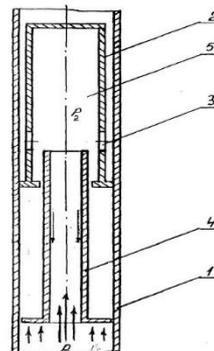
подставив сюда $\Delta v = U$ и учитывая предыдущее уравнение, получим

$$U = \frac{gH}{a}. \quad (8)$$

Это изменение скорости движения жидкости, вызываемое мгновенным изменением давления на величину H и называется волновым изменением скорости. При рассмотрении гидравлических ударов мы считали, что процесс закрытия горловины патрубка происходит мгновенно. Но в действительности процесс поднятия патрубка в верхнее положение в стакане происходит за конечное время в связи с чем горловина патрубка закрывается не мгновенно.

При движении смеси от нижнего устройства к верхнему если скорость равна $v_{\text{см}}$, то за определенный промежуток времени Δt патрубок поднимется и через горловину его будет истекать жидкость со скоростью, отличной от $v_{\text{см}}$ на $\Delta v_{\text{см}}$. Так как скорость движения смеси в устройстве изменится, то произойдет гидравлический удар и положительная волна, повышающая давление на $\frac{a \Delta v_{\text{см}}}{g}$ распространится в сторону нижнего устройства. Спустя некоторое время Δt патрубок с фланцем поднимется следовательно на Δl и закроется на некоторую величину, вызывая дополнительное уменьшение скорости на $\Delta v_{\text{см}}$. Изменение скорости на $\Delta v_{\text{см}}$ вызовет новый гидравлический удар и повышение давления на $\frac{a \Delta v_{\text{см}}}{g}$. Новая положительная волна тоже распространится в

направлении нижнего устройства с отставанием от первой волны на расстояние $a\Delta t$, на рисунке 10 линия 2-2. Следующее поднятие и закрытие части горловины патрубка создает третью волну, которая при движении устройства отстает от второй на $a\Delta t$, первой на $2a\Delta t$, прямая 3-3. Таким образом, последовательном передвижении патрубка новые волны и все они отстают от $a\Delta t$. Первая волна когда дойдет до нижнего



в сторону нижнего следовательно от при будут создаваться предыдущего на устройства, отсюда

вернется первая отрицательная волна, уничтожающая первое повышение давления, за ней с отставанием на $a\Delta t$ вернется вторая отрицательная волна и т.д. Когда горловина патрубка полностью закроется, а первая волна еще не успела до нее дойти, вблизи горловины движение смеси полностью остановлено, т.е. вызвано изменение скорости на полное ее значение и, следовательно, давление в НКТ между двумя устройствами или в некоторой его части повысится до максимально возможного значения. В данном случае гидравлический удар будет называться прямым. Этот случай характеризуется тем, что время прохождения ударной волны от верхнего устройства до нижнего и обратно больше времени полного закрытия.

Рис. 1 - Устройство в момент завершения залпового выброса газа из газонакопительной полости. P_1 - давление, действующее на патрубок с фланцем 4; P_2 - давление, образовавшееся в момент завершения залпового выброса газа $P_1 \gg P_2$.

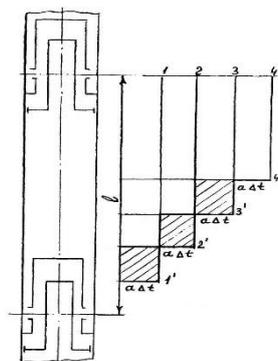


Рис. 2 - Распределение волн гидравлического удара между устройствами при постепенном закрытии горловины патрубка с дискретными порциями

ЗАКЛЮЧЕНИЕ:

1. При размещении устройства в НКТ расстояние между ними должно удовлетворять следующему неравенству

$$\frac{2l}{a} > t_3$$

где t_3 - время полного закрытия горловины патрубка; это время равно времени поднятия патрубка на верхнее ее положение; l - расстояние между устройствами или между первым устройством и забоем.

Это неравенство является критерием прямого удара

$$\frac{2l}{at_3} > 1$$

2. При достижении отрицательной волны патрубка верхнего устройства до ее полного закрытия, давление в ней не может повыситься до возможно высоких значений. В этом случае гидравлический удар называется не прямым, а критерием его является

$$t_3 > \frac{2l}{a}$$

3. Из полученных результатов следует, что для создания больших значений давлений в НКТ между устройствами нужно увеличить расстояние, скорость смеси и уменьшить время полного закрытия, т.е. увеличить скорость подъема патрубка с фланцем. Если патрубок будет иметь большой вес, то это увеличит

время полного закрытия и может предотвратить гидравлический удар и повышение давления.

ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Такабоев К. У., Мусаев Ш. М., Хожиматова М. М. Загрязнение атмосферы вредными веществами и мероприятия их сокращение //Экология: вчера, сегодня, завтра. – 2019. – С. 450-455.
2. Такабоев К. У., Мусаев Ш. М., Хожиматова М. М. ЗАГРЯЗНЕНИЕ АТМОСФЕРЫ ВРЕДНЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ И МЕРОПРИЯТИЕ ИХ СОКРАЩЕНИЕ //Экология: вчера, сегодня, завтра. – 2019. – С. 450-455.
3. Takaboev K. U. Musaev Sh. M., Khozhimatova MM Pollution of the atmosphere with harmful substances and measures to reduce them //Ecology: yesterday, today, tomorrow.- 2019.--S. – С. 450-455.
4. Shukurov G. Musaev Sh //M., Egamova MT, Xajimatova MM “Thermal conductivity of lightweight concrete depending on the moisture content of the material” International Journal of Psychosocial Rehabilitation. – 2020. – Т. 24. – №. 08. – С. 6381-6387.
5. Хажиматова М. М., Мусаев Ш. М., Толлибоев И. И. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К МОДЕЛИРОВАНИЮ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ ПРЕДПРИЯТИЯ.
6. Sulstonov A. et al. Pollutant Standards for Mining Enterprises. – 2021.
7. Хажиматова М. М. Сооружение для забора подземных вод //Символ науки. – 2021. – №. 4. – С. 21-24.
8. Такабоев К. Ё., Хажиматова М. М. Хўжалик чиқинди сувлари, улардан фойдаланиш самарадорлигини ошириш чора-тадбирлари тўғрисида //Science and Education. – 2021. – Т. 2. – №. 6. – С. 325-336.
9. Xajimatova, M. M., and A. Sattarov. "Innovation processes in the development of environmental education." Problems of architecture and construction (2019): 48.
10. Khazhimatova, M. M. "Some hydrodynamic effects exhibited by bubble and projectile modes of gas-liquid mixture flow." Science and Education 2.4 (2021): 257-264.
11. Qutlimurodov, U. M. (2022). Prevention of water losses in zarafshan-gagarin main water system. In the third international scientific conference construction mechanics, hydraulics

and water resources engineering. (Conmechhydro 2021 as). Aip conference proceedings **2612**, (vol. 7, p. 23). 020034 (2023);

<https://doi.org/10.1063/5.0113247>.

12. U.M. Qutlimurodov, M.K. Tursunov. (2022). Factors of modern methods in waste water treatment processes. *eurasian journal of academic research*, **2(10)**, 88-93

<https://doi.org/10.5281>.

13. Алибекова, Н.Н.(2020).зонирование водопроводных сетей. *Science and education.scientific jour*.

14. Rakhmatullaevich, S. S. (2022). Analysis of the methodology for controlling heat loss in buildings. *International journal of research in commerce, it, engineering and social sciences* issn: 2349-7793 impact factor:6.876,16(07),15-19.

<https://gejournal.net/index.php/ijrciess/article>

15. Masharipovich, K. U. (2021). Laboratory equipment of overpressure determination on standard. *International journal of development and public policy*, 1(6), 138-143.

<https://openaccessjournals.eu/index.php/ijdpp>

16. Alibekova, N.N. (2021) reliability and cost - effectiveness of polymer pipes. *Euroasiaconference. Com.evro science: internasional conference on soial and huanitarian researc,hosted.germany*.



© Xajimatova M.M-2024