

УДК 628.146

И.Р. Чиняев, аспирант; **А.В. Фоминых**, д.т.н., профессор, Курганская государственная академия им. Т.С. Мальцева; **В.С. Ерошкин**, инженер, ООО НПФ «МКТ-АСДМ»

КАВИТАЦИЯ В ШИБЕРНЫХ ЗАДВИЖКАХ

В статье изложены результаты исследования кавитации в шиберных задвижках.

Проектные и эксплуатирующие арматуры организации часто устанавливают запорные клиновые задвижки в режиме регулирования, что приводит к появлению кавитации и интенсивному износу, в результате чего арматура быстро выходит из строя (рис. 1).

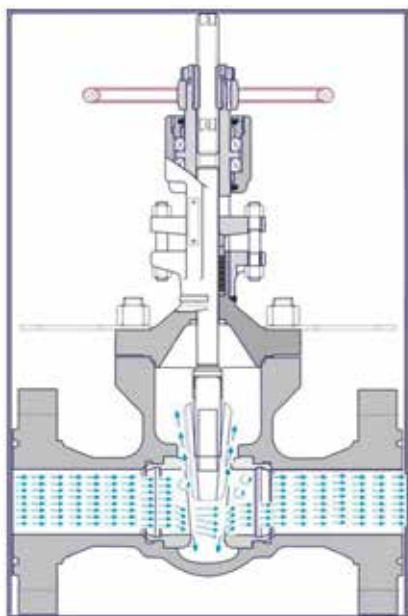


Рис. 1. Пример применения запорных клиновых задвижек для регулирования потока рабочей среды

В связи с этим вопросы исследования и установления закономерностей движения жидкости в шиберных задвижках и взаимодействия жидкости с затворным узлом с целью определения рациональных значений конструктивных параметров деталей затворного узла задвижек для повышения точности ре-

Применения запорных клиновых задвижек для регулирования потока рабочей среды (не по назначению) приводит к разрушению деталей узла затвора.



Клин и седло после 6 месяцев эксплуатации.



гулирования потоков жидкости и исключения повреждения этих деталей на всем диапазоне хода шибера являются актуальными. Выберем расчетные сечения на схеме шиберной задвижки (рис. 2) [1, 2].

Между сечениями 1–2 происходит вход потока жидкости из трубы в зазор между шибером и стенкой трубы. Между сечениями 2–3 течение жидкости в пространстве под шибером. Между сечениями 3–4 выход потока из-под шибера в зашиберное пространство.

Принятые допущения. Задвижка расположена горизонтально. Течение рассматриваем при несовершенном сжатии, так как зазор расположен возле стенки трубы. Коэффициент, учитывающий неравномерность распределения скоростей в сечении потока, $\alpha = 1$. При выходе из зазора в сечении 3 площадь струи равна площади зазора. Запишем уравнение Бернулли для выбранных сечений:

$$\begin{aligned} P_1/(\rho \cdot g) + V_1^2/(2 \cdot g) &= \\ P_2/(\rho \cdot g) + V_2^2/(2 \cdot g) + h_{1-2} &= \\ P_3/(\rho \cdot g) + V_3^2/(2 \cdot g) + h_{1-3} &= \\ P_4/(\rho \cdot g) + V_4^2/(2 \cdot g) + h_{1-4} & \end{aligned} \quad (1)$$

где P – давление, Па;

ρ – плотность жидкости, кг/м³;

g – ускорение свободного падения, м/с²;

V – скорость жидкости, м/с;

$h_{1-3} = h_{1-2} + h_{2-3}$, $h_{1-4} = h_{1-2} + h_{2-3} + h_{3-4}$ – потери напора на соответствующих участках задвижки, м.

На основании уравнения Бернулли разработана методика расчета и получены значения чисел Рейнольдса, коэффициентов сжатия струи, сопротивления, скорости и расхода шиберных задвижек в функции от хода шибера [3].

Из уравнения Бернулли определим давление в сечении 2 под шибером:

$$P_2 = P_3 - 2 \cdot \varphi^2 \cdot (1/\varepsilon - 1) \cdot (P_2 - P_3), \quad (2)$$

где P_1 , P_2 и P_3 – абсолютные значения давлений в соответствующих сечениях (рис. 1), Па.

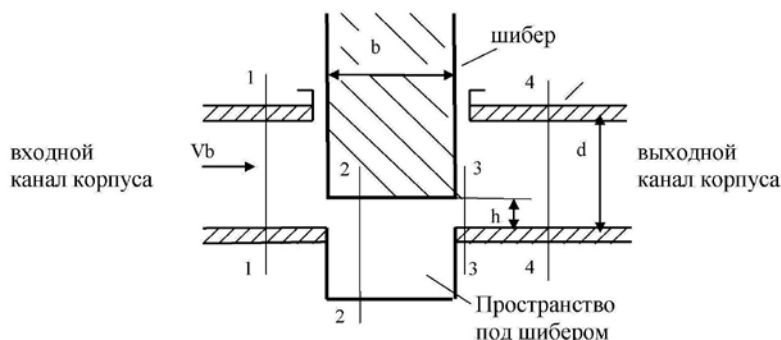


Рис. 2. Расчетная схема шиберной задвижки, где d – диаметр канала (трубы); b – толщина шибера и длина зазора; h – ход шибера; 1 – сечение в канале (трубе) перед шибером; 2 – сжатое сечение струи в зазоре; 3 – выходное сечение из зазора между шибером и стенкой канала (трубы) (проходное сечение); 4 – сечение в трубе после шибера на расстоянии $5d$ от шибера

Расчеты показали, что при давлении перед задвижкой 900 кПа, после задвижки 100 кПа давление в сечении 2 составит 1,8 кПа. Это означает, что при таких условиях появится кавитация.

Использование программного комплекса ANSYS позволяет визуализировать процесс прохождения потока жидкости через задвижку (рис. 3).

Большие скорости, до 27 м/с, проводимой среды за шибером в шиберной задвижке являются причиной кавитации, износа и разрушений, как было показано на рисунке 1.

Согласно уравнению Бернулли, при сужении потока увеличивается его скорость, потенциальная энергия давления преобразуется в кинетическую энергию, давление уменьшается. При достижении абсолютного давления в отдельных участках потока давления насыщенных паров возникает кавитация. В расчетах принимали температура воды 20° С, при этом давление

насыщенных паров равно 2,3 кПа. Расчеты в программе ANSYS показали, что при перепаде давления на шиберной задвижке 0,8 МПа в зонах под шибером и за шибером вакуум приближается к 0,1 МПа или к давлению насыщенных паров, синяя зона (рис. 3), что согласуется с результатами расчета по формуле (2).

Можно сделать вывод, что в этих зонах начинается процесс кавитации. Схлопывание пузырьков в клиновой задвижке происходит сразу за шибером, что приводит к разрушению затворного узла, как показано на рисунке 1.

Проведено сравнение результатов расчетного исследования кавитационных характеристик шиберных задвижек с использованием программного комплекса ANSYS и по методике, разработанной на основе уравнения Бернулли. Оба подхода дали качественно близкие показатели. Расчеты в ANSYS позволили уточнить зоны кавитации.

Установлено, что использование программного комплекса ANSYS для моделирования прохождения воды через задвижку позволяет проверить адекватность математической модели, разработанной на основании уравнения Бернулли, реальному процессу движения воды и визуализировать процесс дросселирования жидкости в проходном сечении задвижки. Расхождение расчетов двух методов не превышает 10%.

ВЫВОДЫ

1. Использование выявленных зависимостей позволило установить, что течение воды через задвижку происходит в зоне турбулентной автомодельности при значениях чисел Рейнольдса более 13800.
2. Установлено, что использование программного комплекса ANSYS для моделирования прохождения воды через задвижку позволяет визуализировать процесс дросселирования жидкости в проходном сечении задвижек и проверить адекватность расчетов, выполненных на основе уравнения Бернулли, реальному процессу движения воды. Расхождение расчетов двух методов не превышает 10%.
3. Для устранения выявленных недостатков при эксплуатации запорных задвижек предлагается использовать шиберные запорно-регулирующие задвижки по патенту на изобретение № 2464470 [4].

ЛИТЕРАТУРА

1. Гуревич Д.Ф. Конструирование и расчет трубопроводной арматуры. – М.: Машиностроение, 1968. – 888 с.
2. Ионайтис Р.Р., Стобецкий В.Н. Гидравлика СУЗ. – М.: Атомиздат, 1972. – 188 с.
3. Чиняев И.Р., Шанаурин А.Л., Фоминых А.В. Пример расчета прохождения среды через запорно-регулирующую задвижку // Зауральский научный вестник. – Вып. 2 (2012). – Курган: Институт развития образования и социальных технологий, КГУ, 2012. – С. 20–21.
4. Патент на изобретение № 2464470 РФ, МПК F16K 3/12 (2006/01); F16K 3/32 (2006/01). Запорно-регулирующая задвижка / Г.А. Заславский, В.А. Рязанов, И.Р. Чиняев, А.Л. Шанаурин. – Заявлено 29.06.2010; опубл. 20.10.2012, Бюл. № 29.

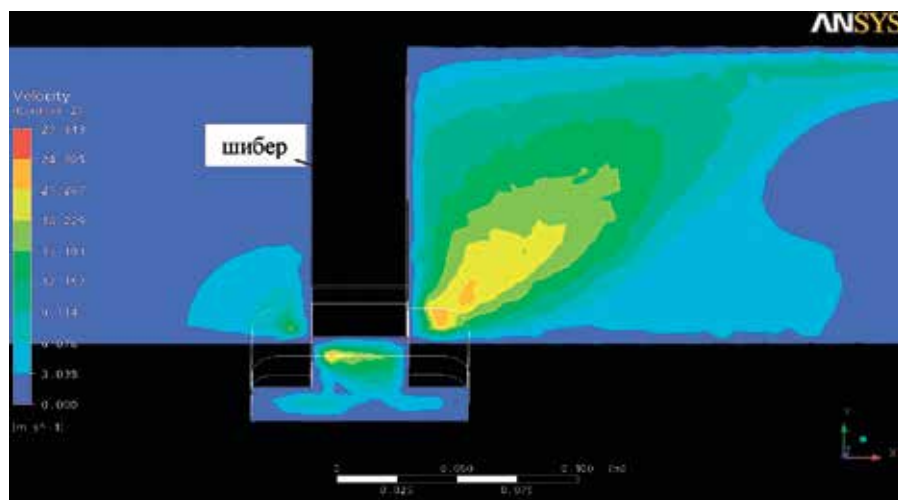


Рис. 3. Эпюры скоростей потока воды в шиберной задвижке

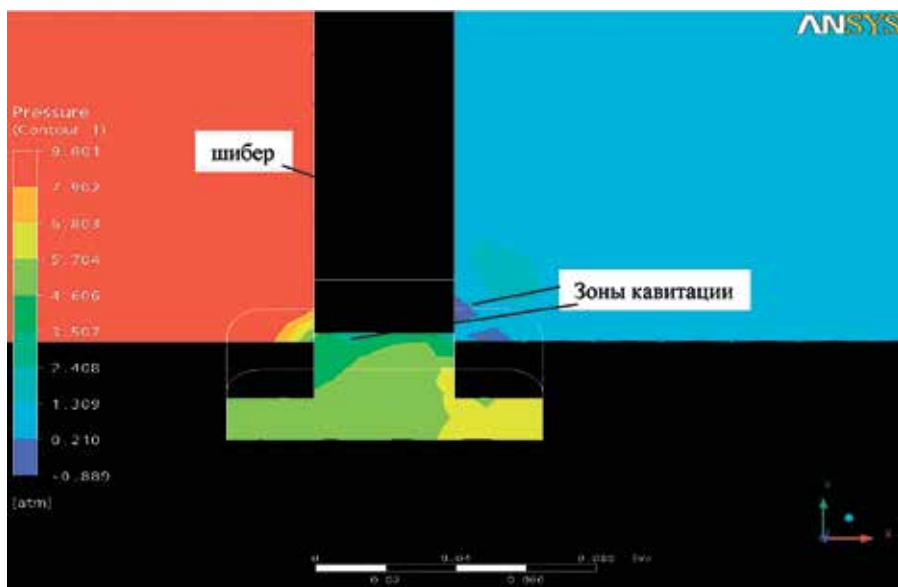


Рис. 4. Зоны кавитации в шиберной задвижке при перепаде давления 800 кПа



ООО НПФ «МКТ-АСДМ»

ООО НПФ «МКТ-АСДМ»

454038, г. Челябинск,

ул. Промышленная, д. 1

Тел.: +7 (351) 735-40-84

Факс: +7 (351) 735-40-85

e-mail: mkt-asdm@mail.ru

www.mkt-asdm.ru