

Повышение надёжности и эффективности работы шиберной запорно-регулирующей задвижки

И.Р. Чиняев
аспирант
ooomkt@mail.ru

А.В. Фоминых
доктор технических наук, профессор,
зав. кафедрой механизации животноводства²

С.А. Сухов
инженер¹
ooomkt@mail.ru

¹ООО НПФ «МКТ-АСДМ», Курган, Россия

²Курганская государственная сельскохозяйственная академия им. Т.С. Мальцева, Курган, Россия

Изложены результаты исследования и обоснование конструкции шиберной запорно-регулирующей задвижки.

Материалы и методы

На основании уравнения Бернулли разработана методика расчёта, и получены значения чисел Рейнольдса, коэффициентов сжатия струи, сопротивления, скорости и расхода шиберных задвижек в функции от хода шибера. Использование программного комплекса ANSYS позволяет визуализировать процесс прохождения потока жидкости через задвижку.

Ключевые слова

запорно-регулирующая задвижка, эпюра скоростей прохождения среды

На основании анализа износа задвижек, бывших в эксплуатации, и проведённых расчётных исследований движения жидкости в шиберных задвижках предложена запорно-регулирующая задвижка, в которой пространство под шибером заполнено деталью, названной стабилизатором (рисунок 1). Выберем расчётные сечения на схеме шиберной задвижки [1]:

Стабилизатор поджат к торцевой поверхности шибера пружиной. Поджатие обеспечивает совместное их перемещение вплоть до упора плеч стабилизатора в проточки сёдел. При подъёме шибера стабилизатор занимает пространство под шибером и закрывает нижнюю часть уплотнительных полей седла от воздействия проводимой среды. Стабилизатор уменьшает турбулизацию потока жидкости за шибером, направляет поток жидкости вдоль нижней стенки корпуса задвижки. Меняя конструкцию стабилизатора можно управлять местами расположения зон образования и схлопывания кавитационных пузырьков.

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

Принятые допущения. Задвижка расположена горизонтально. При $d/b > 2$ зазор между шибером и стенкой трубы рассматриваем как круглый насадок. При $d/b < 2$ течение в зазоре рассматриваем как через отверстие (диафрагму). 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:

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

где P — давление, Па; ρ — плотность жидкости, кг/м³; g — ускорение свободного падения, м/с²; V — скорость жидкости, м/с;
 $h_{1-2} = h_{1-2} + h_{2-3}$, $h_{1-4} = h_{1-2} + h_{2-3} + h_{3-4}$ — потери напора на соответствующих участках задвижки, м.

Значение коэффициента сжатия струи ε при несовершенном сжатии зависит от соотношения площадей зазора между шибером и стабилизатором и трубы и может быть определено:

$$\varepsilon = 0,62 + 0,38 (S_3/S_4)^2 \quad (2)$$

После преобразований определим коэффициент сопротивления за движки:

$$\zeta = (S_1/S_3)^2 \cdot \zeta_{\text{на}}/\varepsilon^2 + (S_1/S_3)^2 \cdot (1/\varepsilon - 1)^2 + (S_4/S_3 - 1)^2 \quad (3)$$

где $S_4/S_3 = f(h)$, отношение площади трубы к площади проходного сечения задвижки, является функцией хода шибера; $\zeta_{\text{на}}$ — коэффициент гидравлического сопротивления входа в зазор.

В зависимости от площади проходного сечения задвижки определяем расход жидкости через проходное сечение проточной части задвижки Q , м³/с:

$$Q = \mu \cdot S_3 \sqrt{2 \cdot \Delta P / \rho} \quad (4)$$

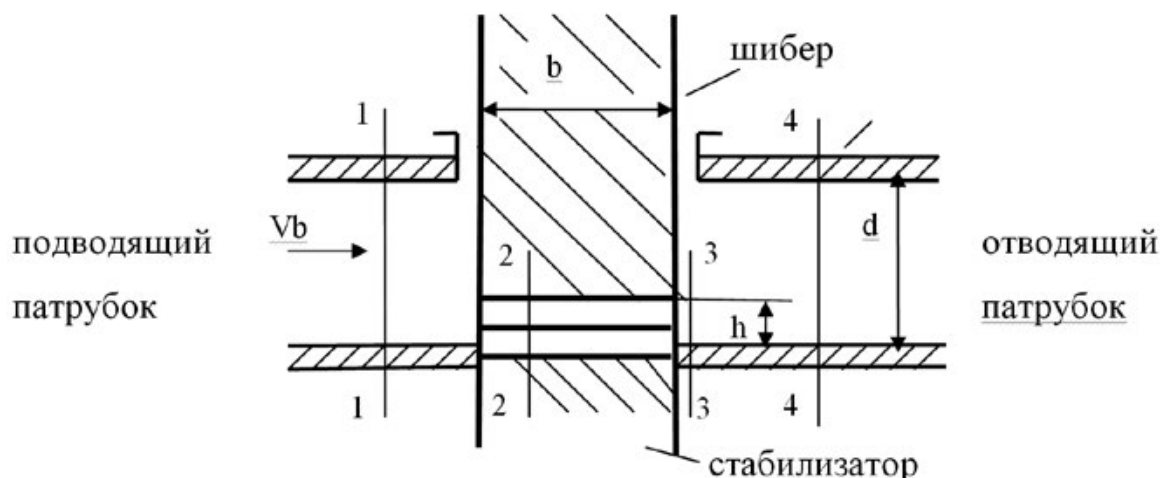


Рис. 1 — Схема шиберной запорно-регулирующей задвижки со стабилизатором;

d — диаметр трубы, b — толщина шибера и длина зазора, h — ход шибера

1 — сечение в трубе перед шибером; 2 — сжатое сечение струи в зазоре; 3 — выходное сечение из зазора между шибером и стенкой трубы (патрубка) (проходное сечение); 4 — сечение в трубе после шибера на расстоянии $5d$ от шибера

где ΔP — перепад давления на задвижке, Па;
 $\mu = 1/\sqrt{1+\zeta}$ — коэффициента расхода.

Зная расход, определяем среднюю скорость потока в зазоре V_2 , м/с. Числа Рейнольдса потока жидкости в зазоре между шибером и стабилизатором в зависимости от хода шиберы определяем по выражению:

$$Re = V_2 \cdot h / \nu \quad (5)$$

где ν — кинематическая вязкость жидкости, м²/с;
 h — ход шиберы, м.

На основании уравнения Бернулли разработана методика расчёта и получены значения чисел Рейнольдса, коэффициентов сжатия струи, сопротивления, скорости и расхода шиберных задвижек в функции от хода шиберы [2]. Использование программного комплекса ANSYS позволяет визуализировать процесс прохождения

потока жидкости через задвижку. При ровных поверхностях контакта шиберы и стабилизатора прохождение жидкости начнётся при их размыкании в момент остановки стабилизатора. По периметру шиберы протекает сплошная струя (рисунок 2).

Такая струя интенсивно перемешивает жидкость за шибером, поэтому зона схлопывания пузырьков будет ближе к шиберу, а управление положением места схлопывания пузырьков затруднено. С целью устранения

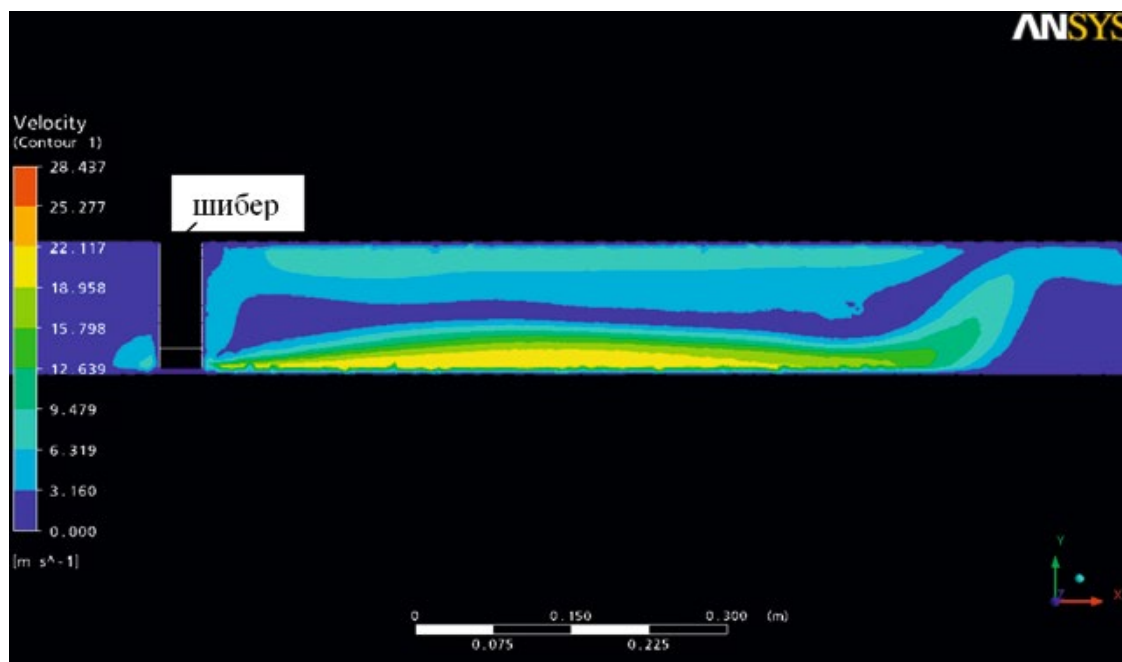


Рис. 2 — Эпюра скоростей прохождения воды через шиберную запорно-регулирующую задвижку при ровной поверхности контакта шиберы со стабилизатором

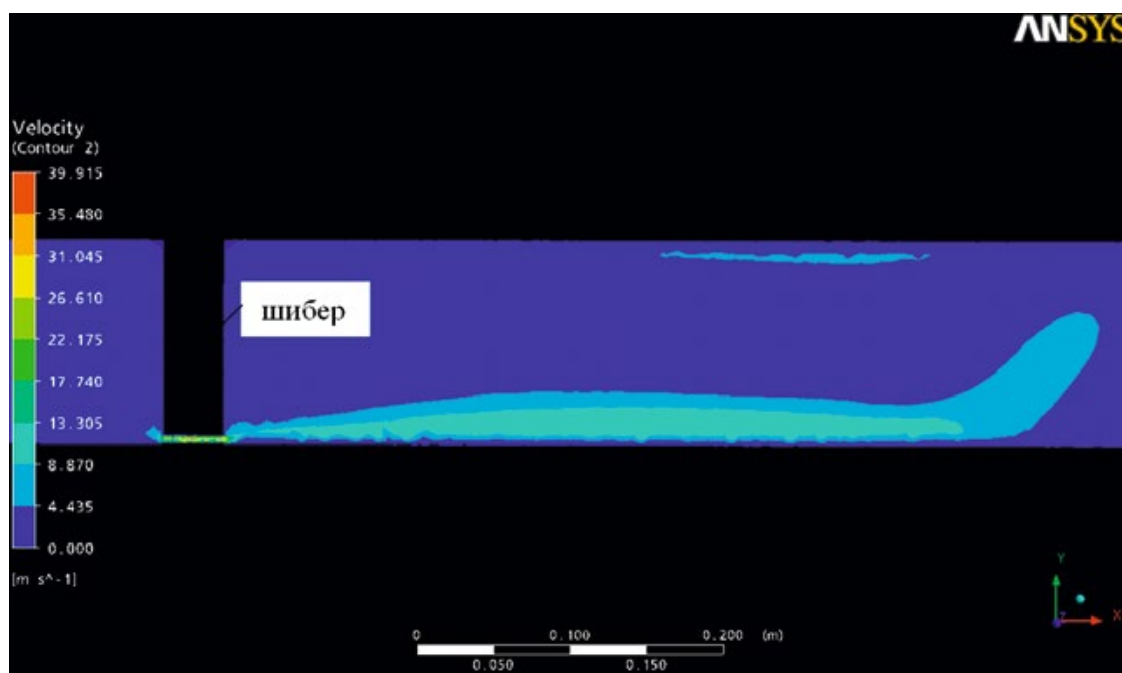


Рис. 3 — Эпюры скоростей при диаметре отверстий 5 мм

этого недостатка нижняя торцевая радиусная поверхность шибера и ответная поверхность стабилизатора снабжены рядом выборок. Предпочтительно выполнение, как менее трудоёмкое, отверстий, выполняемых в обеих деталях одновременно одной операцией — сверлением.

Радиусные выборки (канавки) на торцевых поверхностях, как шибера, так и стабилизатора, выполняют роль разделителей потока в начальной стадии открытия, что обеспечивает проход через эти каналы проводимой среды на большой скорости. При этом кавитационный процесс, возникающий в проводимой среде, происходит не непосредственно за шибером, а на определённом расстоянии от него в зависимости от скорости среды, что уменьшает кавитационные разрушения обратной стороны шибера, и это особенно важно в начальной стадии открытия.

Уменьшение сечения (высоты) канавок приводит к уменьшению диапазона хода шибера тонкого регулирования расхода жидкости, что имеет значение при больших перепадах давления. При уменьшении сечения канавок возрастают сопротивление по длине канавок и трудоёмкость их изготовления. Тонкие струи имеют меньшую суммарную кинетическую энергию, будут быстро рассеиваться, поэтому зона схлопывания пузырьков будет ближе к шиберу (рисунок 3).

В предлагаемой задвижке за шибером скорость движения жидкости около одного м/с. Выйдя из канавок, как из круглых

насадок, струи текут вдоль нижней стенки корпуса задвижки. Увеличение сечения (высоты) канавок приводит к увеличению ширины уплотнительных полей и хода шибера. Канавки технологично получать сверлением одновременно шибера и стабилизатора. На основании изложенных положений принимаем, диаметр канавок между шибером и стабилизатором 5 миллиметров.

При рациональном диаметре отверстий необходимо обеспечить максимальный диапазон тонкого регулирования расхода, что достигается увеличением количества отверстий. Увеличение количества отверстий приводит к уменьшению толщины стенки между ними. Из условий износостойкости толщина стенки не может быть меньше диаметра отверстий. Расстояние между осями отверстий принимаем равным двум диаметрам — 10 миллиметров. Выполнение радиусных канавок через два её диаметра, способствует процессу стабилизации потока.

Итоги

Выполненные исследования позволили увеличить толщину стенок выходного патрубка в месте, куда была выведена зона схлопывания кавитационных пузырьков.

Выводы

Обоснована конструктивная схема запорно-регулирующей задвижки со стабилизатором, диаметр и количество отверстий, выполненных на поверхностях шибера и стабилизатора.

Список использованной литературы

1. Заславский Г.А., Рязанов В.А., Чиняев И.Р., Шанаурин А.Л. Патент на изобретение № 2464470 РФ, МПК F16K 3/12 (2006/01); F16K 3/32 (2006/01). Запорно-регулирующая задвижка. Заявлено 29.06.2010, опубликовано 20.10.2012, Бюл. №29.
2. Чиняев И.Р., Шанаурин А.Л., Фоминых А.В. Пример расчета прохождения среды через запорно-регулирующую задвижку // Курган: Зауральский научный вестник. 2012. №2. С. 20–21.



ООО НПФ «МКТ-АСДМ»
РФ, 454038, г. Челябинск,
ул. Промышленная, 1,
Тел.: +7 (351) 735-40-85;
Тел/факс: +7 (351) 735-40-84
E-mail: mkt-asdm@mail.ru

ENGLISH

VALVES

Increase of reliability and overall performance of a stop-control gate valve

UDC 628.146

Authors:

Il'giz R. Chinjaev — postgraduate student; oomkt@mail.ru
Aleksandr V. Fominykh — doctor of technical sciences, professor head of the department of mechanization of animal husbandry²
Stanislav A. Suhov — engineer¹; oomkt@mail.ru

¹MKT-ASDM, Kurgan, Russian Federation

²Kurgan Agricultural Academy of T.S. Mal'cev, Kurgan, Russian Federation

Abstract

Results of research and justification of a design of a stop-control gate valve are stated.

Materials and methods

On the basis of Bernoulli's equation the calculation procedure is developed, and values of numbers of Reynolds, coefficients of compression of a stream, resistance, speed and an expense

of gate valves in function from a course of a gate are received. Use of the program ANSYS complex makes it possible to visualize process of passing of a stream of liquid through a gate valve.

Results

The executed researches made it possible to increase thickness of walls of an output branch

pipe in place, where the zone of collapse of cavitation bubbles was derived.

Conclusions

The design project of a stop-control gate valve with stabilizer, the diameter and the quantity of holes made on surfaces of a gate and a stabilizer are proved.

Keywords

stop-control gate valve, speed diagram of passing of fluid

References

1. Zaslavskij G.A., Rjazanov V.A., Chinjaev I.R., Shanaurin A.L. Patent for invention № 2464470 of the Russian Federation, MPK F16K 3/12 (2006/01); F16K 3/32 (2006/01). Stop-control gate valve. Declared 29.06.2010, published 20.10.2012, Bul. issue 29.
2. Chinjaev I.R., Shanaurin A.L., Fominyh A.V. *Primer rascheta prokhozhdeniya sredy cherez zaporno-reguliruyushchuyu zadvizhku* [Example of calculation of passing of fluid through a stop-control gate valve]. Kurgan: Zaural'skiy nauchnyy vestnik, 2012, Issue 2, pp. 20–21.