

## УПРАВЛЕНИЕ ЗОНОЙ СХЛОПЫВАНИЯ КАВИТАЦИОННЫХ ПУЗЫРЬКОВ В ЗАДВИЖКЕ СТАБИЛИЗАТОРОМ

Д. В. Логинов, С. А. Сухов, А. В. Фоминых, И. Р. Чиняев

Применение запорных клиновых задвижек для регулирования потока жидкости (не по назначению) приводит к разрушению деталей затвора. В статье изложены устройство и работа шиберной запорно-регулирующей задвижки со стабилизатором, позволяющим управлять расположением зоны схлопывания кавитационных пузырьков. Стабилизатор поджат к торцевой поверхности шибера пружиной. Поджатие обеспечивает совместное их перемещение вплоть до упора плеч стабилизатора в корпус. Нижняя торцевая радиусная поверхность шибера и ответная поверхность стабилизатора снабжены рядом канавок. Канавки делят поток жидкости на отдельные струи и направляют их в выходной патрубок, что уменьшает эрозионный и кавитационный износ деталей затвора. Расчёты в программе ANSYS показали, что при перепаде давления на клиновой задвижке 0,8 МПа в зоне за шибером вакуум приближается к давлению насыщенных паров. Для предлагаемой шиберной запорно-регулирующей задвижки со стабилизатором давление насыщенных паров может быть достигнуто на входе в канавки между шибером и стабилизатором и на выходе из них при перепаде давления 0,45 МПа. Можно сделать вывод, что в этих зонах начинается процесс кавитации, но схлопывание пузырьков в серийной задвижке происходит сразу за клином, а в предлагаемой задвижке в выходном патрубке в районе фланцев, и это особенно важно в начальной стадии открытия. Ускоренные испытания предлагаемой задвижки проведены в производственных условиях при перепадах давлению 17 МПа. После восемнадцати месяцев эксплуатации герметичность и функция регулирования задвижки МКТР сохранились. Запорная клиновая задвижка в таких условиях эксплуатации теряет герметичность через три месяца.

Ключевые слова: задвижка, затвор, седло, шибер, стабилизатор, жидкость, кавитация, разрушение, давление, эпюры скоростей, расчёты в программе ANSYS, производственные испытания.

### ВВЕДЕНИЕ

В клиновых задвижках под шибером и после него возникает сильная турбулизация потока, завихрения жидкости, что является причиной разрушения деталей затвора (рисунок 1).



Рисунок 1 – Тыльная сторона клина и седло клиновой задвижки после шести месяцев эксплуатации в режиме регулирования

Большие скорости жидкости и кавитация за клином являются причиной износа и разрушений (рисунок 2).

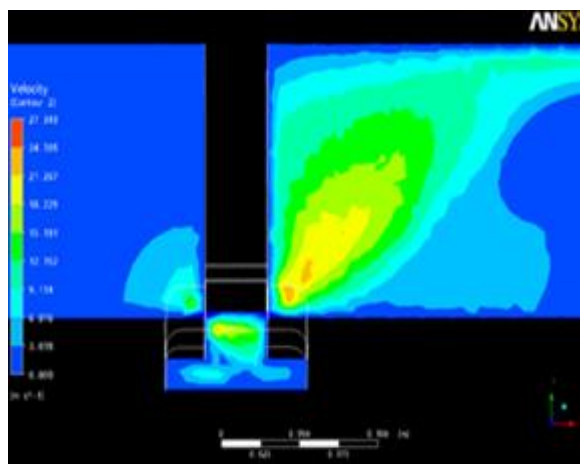


Рисунок 2 — Эпюры скоростей потока воды в серийной задвижке

## УПРАВЛЕНИЕ ЗОНОЙ СХЛОПЫВАНИЯ КАВИТАЦИОННЫХ ПУЗЫРЬКОВ В ЗАДВИЖКЕ СТАБИЛИЗАТОРОМ

Поэтому применение запорных клиновых задвижек для регулирования потока жидкости (не по назначению) приводит к разрушению деталей затвора [1-12].

### МЕТОДИКА

Нами разработана запорно-регулирующая задвижка со стабилизатором, расположенным под шибером (патент на изобретение № 2464470 и на полезную модель № 77657) (рисунок 3).

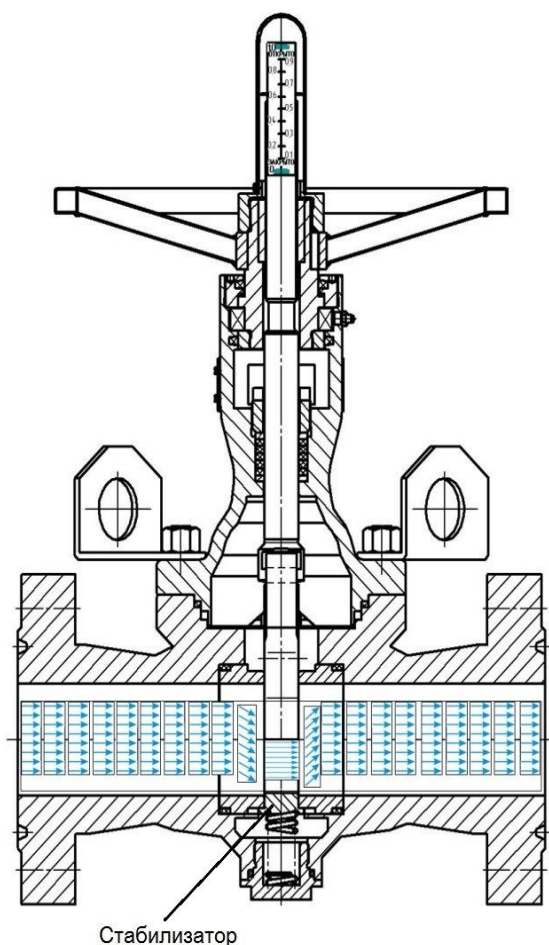


Рисунок 3 – Задвижка запорно-регулирующая МКТР

Стабилизатор поджат к торцевой поверхности шибера пружиной. Поджатие обеспечивает совместное их перемещение вплоть до упора плеч стабилизатора в корпус. При этом стабилизатор занимает пространство под шибером и закрывает нижнюю часть уплотнительных полей сѐдел от воздействия потока жидкости. Нижняя торцевая радиусная поверхность шибера и ответная поверхность стабилизатора снабжены рядом канавок (рисунок 4).



Рисунок 4 – Шибер в сборе со стабилизатором

Канавки делят поток жидкости на отдельные струи и направляют их в выходной патрубке, что уменьшает эрозионный и кавитационный износ деталей затвора. Зона схлопывания кавитационных пузырьков в выходном патрубке (рисунок 5).

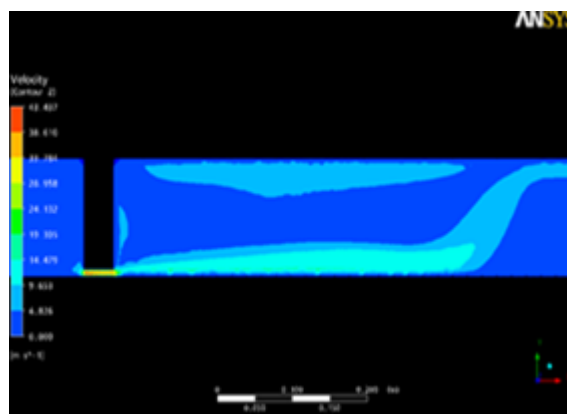


Рисунок 5 – Эпюры скоростей при диаметре отверстий 7 мм

Из рисунка видно, что выйдя из канавок, как из круглых насадок, струи текут вдоль нижней стенки корпуса и выходного патрубка задвижки. Увеличение сечения (высоты) канавок приводит к увеличению ширины уплотнительных полей и хода шибера. При рациональном диаметре отверстий, образованных канавками, 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.

Стабилизатор уменьшает турбулизацию потока жидкости за шибером. Меняя кон-

струкцию стабилизатора, можно управлять местом расположения зоны образования и местом расположения зоны схлопывания кавитационных пузырьков. При достижении абсолютного давления в отдельных участках потока давления насыщенных паров возникает кавитация. В расчётах принимали температуру воды 20 градусов, при этом давление насыщенных паров равно 2,3 кПа, то есть близко к нулю. Расчёты в программе ANSYS показали, что при перепаде давления на клиновой задвижке 0,8 МПа в зоне за шибером вакуум приближается к давлению насыщенных паров.

Для предлагаемой шиберной запорно-регулирующей задвижки со стабилизатором давление насыщенных паров может быть достигнуто на входе в канавки между шибером и стабилизатором и на выходе из них при перепаде давления 0,45 МПа. Можно сделать вывод, что в этих зонах начинается процесс кавитации, но схлопывание пузырьков в серийной задвижке происходит сразу за клином, а в предлагаемой задвижке – в выходном патрубке в районе фланцев, и это особенно важно в начальной стадии открытия.

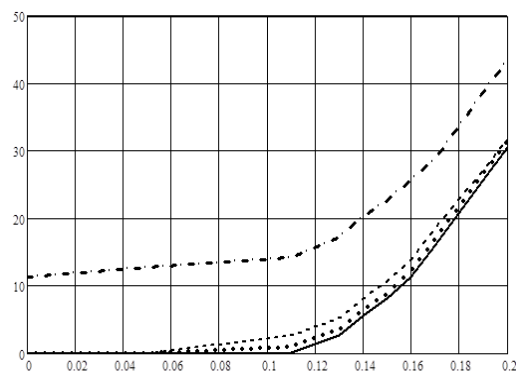
Ускоренные испытания предлагаемой задвижки проведены в производственных условиях при перепадах давления 17 МПа. После восемнадцати месяцев эксплуатации герметичность и функция регулирования задвижки МКТР сохранились (рисунок 6). Запорная клиновая задвижка в таких условиях эксплуатации теряет герметичность через три месяца, а через 6 месяцев выглядит как на рисунке 1.



Рисунок 6 – Шибер и седло запорно-регулирующей задвижки МКТР после восемнадцати месяцев эксплуатации

Из анализа состояния задвижек после производственных испытаний определены площади их проходных сечений в зависимости от хода шиберов. На основании этих данных рассчитаны зависимости расхода через

задвижки от хода регулирующего элемента (рисунок 7).



1 – запорно-регулирующая задвижка новая; 2 – запорно-регулирующая задвижка после 18 месяцев эксплуатации; 3 – запорная клиновая задвижка новая; 4 – запорная клиновая задвижка после 6 месяцев эксплуатации

Рисунок 7 – Зависимости расхода через задвижки от хода регулирующего элемента при перепаде давления 100 кПа

У новой запорно-регулирующей задвижки дросселирование воды начинается при 0,1 хода шиберов, кривая 1. Через 18 месяцев работы – при 0,05 хода шиберов, кривая 2. У новой запорной клиновой задвижки дросселирование воды начинается при 0,08 хода шиберов, кривая 3. После 6 месяцев работы через клиновую задвижку при клине в нижнем положении проходит воды более 10 м<sup>3</sup>/ч, кривая 4.

## ВЫВОДЫ

1. Проектные и эксплуатирующие трубопроводную арматуру организации часто устанавливают запорные задвижки в режиме регулирования, что приводит к появлению кавитации, интенсивному износу, и арматура быстро выходит из строя.

2. Разработаны шиберные запорно-регулирующие задвижки со стабилизатором, позволяющим управлять расположением зоны схлопывания кавитационных пузырьков.

3. Проведены ускоренные испытания предлагаемой задвижки в производственных условиях при перепадах давления 17 МПа. После восемнадцати месяцев эксплуатации герметичность и функция регулирования предлагаемой задвижки сохранились. Запорная клиновая задвижка в таких условиях эксплуатации теряет герметичность через три месяца.

4. Предлагаемые запорно-регулирующие

## УПРАВЛЕНИЕ ЗОНОЙ СХЛОПЫВАНИЯ КАВИТАЦИОННЫХ ПУЗЫРЬКОВ В ЗАДВИЖКЕ СТАБИЛИЗАТОРОМ

задвижки диаметром от 80 до 200 мм, выпускаемые ООО НПФ «МКТ-АСДМ» в городе Курган, нашли широкое применение в нефтегазовой отрасли и могут найти широкое применение в системах тепло и водоснабжения, мелиорации, системах гидромеханизации сельскохозяйственных процессов и везде, где необходимо обеспечить высокую точность процесса регулирования потоков жидкости в течение продолжительного времени.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бирюков, А. В. Обоснование и разработка многоблочной установки очистки природного газа от твердых частиц / Бирюков А. В., Усачев А. П., Шурайц А. Л. // Нефтегазовое дело. – 2012. – № 4. – С. 437-448.
2. Байкова, Л. Р. Алгоритм расчета показателей энергоэффективности оборудования систем поддержания пластового давления / Байкова Л. Р., Гаррис Н. А. // Нефтегазовое дело. – 2018. – Т. 16. – № 2. – С. 61-66.
3. Найгерт, К. В. Технологии управления расходными характеристиками потока посредством изменения реологических свойств рабочих сред / Найгерт К. В., Редников С. Н. // Вестник ЮУрГУ, серия «Машиностроение» Том 16, № 2 (2016) – С. 52-60.
4. Регулирование расхода на водозаборе в системе первого подъема воды / Сухов С. А., Чиняев И. Р., Фоминых А. В. [и др.] // АПК России. 2014. – Т. 70 – С. 136-140.
5. Гуревич, Д. Ф. Конструирование и расчет трубопроводной арматуры / Гуревич Д. Ф. – М.: Машиностроение, 1968. – 888 с.
6. Идельчик, И. Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям / Идельчик И. Е. – М.: Машиностроение, 1975. – 559 с.
7. Сейнов, С. В. Трубопроводная арматура. Исследования. Производство. Ремонт / Сейнов С. В. – М.: Машиностроение, 2002. – 390 с.
8. ГОСТ Р 55508-2013 Арматура трубопроводная. Методика экспериментального определения гидравлических и кавитационных характеристик.
9. Сухов, С. А. Запорно-регулирующее устройство с проходным отверстием в шибере // Материалы международной научно-практической конференции Современное состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса, Курган: Изд-во Курганской ГСХА, 2016. – С. 492-496.
10. Шиберное запорно-регулирующее устройство / Сухов С. А., Чиняев И. Р., Фоминых А. В. [и др.] // Трубопроводная арматура и оборудование. – 2017. – № 5. – С. 36 – 39.
11. Логинов, Д. В. Обзор методов упрочнения трущихся поверхностей / Логинов Д. В., Фоминых А. В. // Техническое обеспечение технологий производства сельскохозяйственной продукции: материалы Всероссийской научно-практической конференции. – 2017. – Курган: Изд-во Курганской ГСХА. – С. 36-41.
12. Гидравлические и кавитационные характеристики регулирующих клапанов в диапазоне давлений до 3,0 МПа / Котельников Л. В., Пошивалов Е. А., Чиняев И. Р., Шанаурин А. Л., Фоминых А. В. // Трубопроводная арматура. – 2017. – № 2 – С. 54–55.
13. Шпаков, О. Н. Трубопроводная арматура. Справочник специалиста // СПб.- М.: Информационно-издательский центр "КХТ", 2007. – 463 с.
14. Эйсмонт, В. П. Регуляторы / Эйсмонт В. П. – СПб.: Издательство ООО «Дитон», 2012. – 326 с.
15. Чиняев, И. Р. Определение гидравлических характеристик запорно-регулирующих задвижек / Чиняев И. Р., Фоминых А. В., Овчинников В. М. // Аграрный вестник Урала. – Екатеринбург: Изд-во Уральской ГСХА, 2013. – № 2. – С. 23-26.
16. Чиняев, И. Р. Пример расчета прохождения среды через запорно-регулирующую задвижку / Чиняев И. Р., Шанаурин А. Л., Фоминых А. В. // Зауральский научный вестник. Вып.2(2012). – Курган: Институт развития образования и социальных технологий, КГУ, 2012. – С. 20-21.
17. Шиберное запорно-регулирующее устройство / Сухов С.А., Чиняев И.Р., Фоминых А.В. [и др.] // Трубопроводная арматура и оборудование. – 2017. – № 5. – С. 36 – 39.
18. Ездина, А. А. Регулирующее устройство с использованием скручивания потока проводимой среды / Ездина А. А., Пономарева О. А., Фоминых А. В. // Научное обеспечение реализации государственных программ АПК и сельских территорий, 2017. – С. 393-396.
19. Повышение надёжности и эффективности работы шиберной запорно-регулирующей задвижки / Сухов С.А., Чиняев И.Р., Фоминых А.В. [и др.] // Экспозиция нефть газ. – 2013. – № 5. – С. 80–82.
20. Котельников, Л. В. Штуцерное дроссельно-регулирующее устройство / Котельников Л. В., Фоминых А. В. // Техническое обеспечение технологий производства сельскохозяйственной продукции. Материалы Всероссийской научно-практической конференции, 2017. – С. 10-13.
21. Сухов, С. А. Повышение эффективности процесса регулирования потоков жидкости на основе совершенствования конструкции шиберных задвижек // Арматуростроение. – 2014. – № 1. – С. 36-39.
22. Chinyayev I.R., Fominykh A.V., Pochivalov E.A. The Method of Determining the Cavitation Characteristics of Valves // Procedia Engineering 150. – 2016. – P. 260–265.
23. Определение пропускной характеристики задвижки шиберной запорно-регулирующей / Сухов С. А., Чиняев И. Р., Фоминых А. В. [и др.] // Экспозиция нефть газ. – 2015. – № 2. – С. 38 – 40.

24. Сухов, С. А., Фоминых, А. В. Пропускная характеристика задвижки шиберной // Нефтегазовый терминал выпуск 8: сборник научных статей Международной научно-технической конференции «Транспорт и хранение углеводородного сырья»; под общ. ред. С. Ю. Подорожникова – Тюмень, ТюмГНГУ, 2015. – С. 202 – 207.

25. Пошивалов, Е. А., Чиняев, И. Р., Фоминых А.В. и др. Анализ методик экспериментального определения кавитационных характеристик трубопроводной арматуры // Трубопроводная арматура. – 2016. – № 4 – С. 42–45.

26. Чиняев, И. Р., Фоминых, А. В., Ерошкин, В.С. Кавитация в шиберных задвижках // Территория «Нефтегаз». – 2013. – № 5. – С. 48–49.

27. Определение гидравлических и кавитационных характеристик клеточного клапана / Фоминых А.В., Пошивалов Е.А., Ильиных Е.А. [и др.] // Вестник Курганской ГСХА. – 2016. – № 1. – С. 71–75.

28. Опыт использования ГОСТ Р 55508-2013 при определении гидравлических и кавитационных характеристик запорно-регулирующего клапана клеточного / Чиняев И. Р., Пошивалов Е. А., Фоминых А.В. [и др.] // Территория «Нефтегаз». – 2016. – № 7-8. – С. 96–100.

29. Задвижка запорно-регулирующая / Пошивалов Е.А., Сухов С.А., Фоминых А.В., Чиняев И.Р., Шанаурин А.Л. // Патент России на полезную модель №138816. 2014. Бюл. № 9.

30. Запорно-регулирующее устройство / Заславский Г.А., Рязанов В.А., Сухов С.А., Чиняев И.Р., Шанаурин А.Л., Фоминых А.В. // Патент России на полезную модель № 158069. 2015. Бюл. № 35.

31. Запорно-регулирующее устройство / Заславский Г.А., Рязанов В.А., Сухов С.А., Чиняев И.Р., Шанаурин А.Л., Фоминых А.В. // Патент России на изобретение № 2586958. 2016. Бюл. № 16.

32. Chinyaev I.R., Fominykh A.V., Sykhov S.A. Energy-Saving Shut-Off and Regulating Device // Procedia Engineering 150. – 2016. – P. 277–282.

33. ГОСТ Р 52720-2007 Арматура трубопроводная. Термины и определения. // М.: Стандартинформ, 2007. – 30 с.

34. Фоминых А.В., Чиняев И.Р., Шанаурин

А.Л., Ильиных Е.А. Трубопроводная арматура как основа систем пассивной защиты // Арматуростроение. – 2016. № 4 – С. 58–63.

35. Chinyaev I.R., Fominykh A.V., Ilinykh E.A. The valve is a shutoff for the passive protection systems of pipelines // Procedia Engineering 150. – 2016. – P. 220–224.

36. Фоминых А.В., Овчинников Д.Н., Чиняев И.Р. Гидравлическая система удаления навоза из животноводческого помещения // Главный зоотехник. – 2013. – № 6. – С. 57-60.

37. Фоминых А.В., Шарипов А.Г., Овчинников Д.Н. Обеспечение устойчивой работы фильтрующих центрифуг. // ГУП «Куртамышская типография». – 2012. – С. 108.

38. Фоминых А.В., Шарипов А.Г. Обеспечение устойчивой работы фильтрующей центрифуги при производстве соевого молока // Интеграция науки и бизнеса в агропромышленном комплексе: материалы международной научно-практической конференции. – Курган: Изд-во Курганской ГСХА. – 2014. – Т. 3. – С. 111-116.

**Дмитрий Владимирович Логинов, аспирант ФГБОУ ВО «Курганская государственная сельскохозяйственная академия им. Т.С. Мальцева», e-mail: krg.loginov@mail.ru, тел. +7 909 175 26 57.**

**Сухов Станислав Александрович, директор сборочного производства ООО НПФ «МКТ-АСДМ», e-mail: oodok@bk.ru, тел. 8 (3522) 65-50-30.**

**Фоминых Александр Васильевич, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры эксплуатации и ремонта машин, ФГБОУ ВО «Курганская государственная сельскохозяйственная академия имени Т.С. Мальцева», e-mail: prof\_fav@mail.ru, тел. +7 912 839 02 53.**

**Чиняев Ильгиз Рашитович, кандидат технических наук, директор НПФ «МКТ-АСДМ». e-mail: ruk\_mkt@mail.ru, тел. 8 (3522) 65-50-30.**