

УДК 66.011

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ПРЯМОТОЧНОГО РЕГУЛИРУЮЩЕГО КЛАПАНА С ВЕРХНИМ РАСПОЛОЖЕНИЕМ ЗАПИРАЮЩЕГО ОРГАНА**¹Лебедев А.Е., ¹Капранова А.Б., ²Мельцер А.М., ²Неклюдов С.В.,
²Серов Е.М., ²Воронин Д.В.**¹Ярославский государственный технический университет, Ярославль, e-mail: lae4444@gmail.com;²ЗАО «НПО РЕГУЛЯТОР», Ярославль, e-mail: info@nporeg.ru

Осевые регулирующие клапаны нашли широкое распространение во многих отраслях промышленности: химической, нефтедобывающей и других. Благодаря особенностям конструкции данный тип клапанов позволяет осуществлять регулирование параметров потока в широких пределах с требуемыми характеристиками, что практически невозможно в устройствах других типов. Однако несмотря на многочисленные достоинства осевые клапаны имеют высокий уровень шума и вибраций, вызванных кавитационными явлениями. Проанализировав многочисленные варианты конструктивных исполнений прямооточных клапанов различных производителей, авторы статьи разработали новую конструкцию клапана с внешним расположением запирающего органа, применение которого позволит снизить интенсивность кавитации, вибраций и шума, кроме того, предложена новая конструкция привода эксцентрикового типа. Для исследования работы предлагаемого клапана разработана и изготовлена опытная установка, на которой проведен цикл экспериментов, подтверждающий эффективность применения разработанного оборудования с целью снижения кавитационных эффектов. Представлены распределения кавитационных пузырей по размерам на начальном, среднем и конечном этапах открытия клапана.

Ключевые слова: регулирующий клапан, регулирование параметров потоков, дроселирующее устройство, делитель потока, давление

DESIGN FLOW REGULATOR VALVE WITH OVERHEAD OF LOCKING ON**¹Lebedev A.E., ¹Kapranova A.B., ²Metszer A.M., ²Neklyudov S.V., ²Serov E.M., ²Voronin D.V.**¹Yaroslavl State Technical University, Yaroslavl, e-mail: lae4444@gmail.com;²ZAO «NPO REGULATOR», Yaroslavl, e-mail: info@nporeg.ru

Axial control valves are widely used in many industries: chemical, oil and others. Thanks to the special design of this type of valve allows to regulate flow parameters in a wide range of desired characteristics, which is practically impossible in other devices. However, despite the many strengths of the axial valves have a high level of noise and vibration caused by cavitation phenomena. After analyzing numerous variants of the embodiment of a direct-flow valves of various manufacturers the authors of the article developed a new valve design with an external location, locking on, the use of which will reduce the intensity of cavitation, vibrations and noise, in addition, the proposed new Konstrukcija drive the eccentric type. To study the performance of the proposed valve is designed and manufactured pilot plant, which carried out a series of experiments confirming the effectiveness of the developed equipment in order to reduce cavitation effects. Presents the distribution of cavitation bubbles in the initial, middle and final stages of opening the valve.

Keywords: control valve, flow control, throttling device, flow divider, pressure

В настоящее время осесимметричные регулирующие клапаны являются одними из наиболее эффективных типов регулирующей арматуры, используемой на нефте-, газо- и других трубопроводах [1–5]. Практически прямолинейный характер движения жидкой среды обеспечивает минимальное сопротивление при открытом клапане, а наличие соосно установленных делителя потока и запирающего органа позволяет эффективно осуществлять процесс регулирования расхода и давления транспортируемой среды. В большинстве осесимметричных клапанов процесс регулирования вышеописанных параметров происходит путем перекрытия проходных отверстий сепаратора подвижным внутренним поршнем, приводимым в движение от реечного или реже кривошипно-шатунного механизма.

Однако несмотря на многочисленные достоинства и наличие достаточно большого количества конструкций клапанов данного типа проблемы кавитации, шумов, вибраций и нагруженности привода решены не окончательно [1, 6–9]. Это приводит к снижению срока службы устройств и достаточно частым и дорогостоящим ремонтам.

Причинами возникновения кавитационных эффектов являются турбулентные течения во внутреннем объеме клапана и перепады давлений, вызванные перемещением подвижных частей (запирающих органов), выполненных в виде поршня. Образование внутренних областей с различными давлениями приводит к перегрузке механизмов привода, что сказывается на точности регулирования и сроке службы всего клапана.

Одним из путей решения данной проблемы является выполнение подвижных

запирающих органов в виде полых цилиндрических обечайек, контактирующих с внешней поверхностью делителя потока и имеющих крепление в изолированном объеме внутреннего корпуса, это позволит уменьшить турбулентные течения и разгрузить привод.

С целью снижения интенсивности кавитации авторами статьи была разработана конструкция нового клапана [10], схема которого показана на рис. 1.

Главным отличием от существующих аналогов [3–5] является верхнее расположение запирающего элемента с наклонной поверхностью в передней зоне. Использование данных конструктивных особенностей позволит существенно снизить кавитационные явления, возникающие в клапане за счет снижения турбулентных течений, которые в существующих конструкциях возникают при перемещении запирающих органов [4, 6, 8].

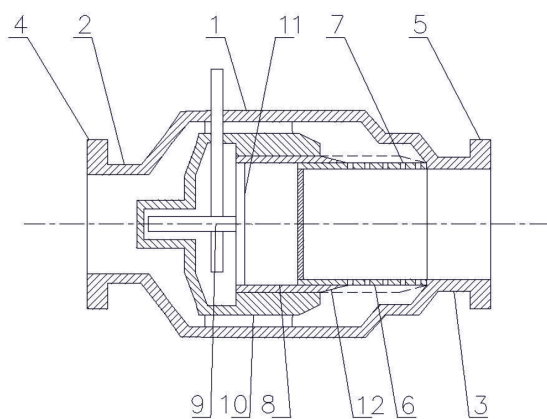


Рис. 1. Схема клапана (штриховой линией показано закрытое положение)

Разработанный прямооточный регулирующий клапан содержит внешний корпус 1, по обе стороны которого размещены входной и выходной патрубки 2 и 3 соответственно, с фланцами 4 и 5. Во внутреннем объеме установлен внутренний корпус 10. С целью формирования отдельных струй в данном клапане применен делитель потока, выполненный в виде перфорированного полого цилиндра 6, с отверстиями 7. Для снижения турбулентных течений и кавитации запирающее устройство представляет собой цилиндро-коническую обечайку 8, коническая часть 12 которой установлена со стороны выходного патрубка 3. Наличие конической части позволяет организовать направленное течение жидкости непосредственно к отверстиям делителя потока.

Привод поступательного движения обечайки 8 (запирающего органа) осуществляется от реечного механизма 9. На внутренней поверхности, в зоне цилиндрической части обечайки 8 снабжена радиальными перегородками 11, соединенными с реечным механизмом 9. Обечайка 8 своей цилиндрической частью взаимодействует с внутренней поверхностью внутреннего корпуса 10, который выполняет роль направляющей.

Прямоточный регулирующий клапан работает следующим образом.

В полностью открытом положении (крайнее левое положение обечайки 8, при котором открыты все отверстия 7 в перфорированном полом цилиндра 6) жидкость поступает во внутренний объем внешнего корпуса 1 входной патрубок 2. Далее поток проходит через вдоль клапана, обтекая внутренний корпус 10, и направляется к отверстиям 7 перфорированного полого цилиндра 6. Проходя через них, жидкость попадает во выходной патрубок 3.

Процесс регулирования в данном клапане осуществляется путем перекрытия отверстий 7 перфорированного цилиндра 6 поступательно движущейся обечайкой 8, внутренняя поверхность которой взаимодействует с внешней поверхностью перфорированного полого цилиндра 6 и при перемещении открывает (движение влево) или закрывает (движение вправо) отверстия 7.

Закрытие всех отверстий 7 обечайкой 8 соответствует полностью закрытому клапану (крайнему правому положению обечайки 8).

Промежуточные положения обечайки 8 соответствуют частичному перекрытию отверстий 7 (часть отверстий открыта, часть закрыта обечайкой).

С целью снижения турбулентности и образования застойных зон во внутреннем объеме клапана запирающее устройство выполнено в виде цилиндро-конической обечайки, коническая часть которой установлена со стороны выходного патрубка, а перфорированный цилиндр выполнен закрытым с одного торца. Кроме того, такое конструктивное исполнение запирающего устройства позволяет существенно уменьшить гидродинамическое сопротивление его перемещению и понизить нагрузки в приводе.

Благодаря тому, что перфорированный цилиндр выполнен закрытым с одного торца, полость внутреннего корпуса 10 остается герметичной. С целью снижения массы обечайки и облегчения ее перемещения (свободного перетекания воздуха в полости внутреннего корпуса) в зоне ее цилиндрической части размещены радиальные перегородки, соединенные с реечным механизмом.

Предлагаемый прямооточный регулирующий клапан имеет сравнительно простую конструкцию, позволяет существенно разгрузить запирающее устройство, снизить нагрузки на привод и уменьшить турбулентность.

Кроме представленной на рис. 1 конструкции регулирующего клапана в работе была проведена модернизация привода запирающего органа. Было предложено использовать вместо реечного привода запирающего органа кривошипно-шатунный механизм эксцентрикового типа [10], схема которого приводится на рис. 2.

Основными особенностями и конструктивными преимуществами разработанной конструкции являются компактность, возможность размещения во внутреннем объеме клапана (во внутреннем корпусе), а также повышенные по сравнению с существующими конструкциями реечных и кривошипно-шатунных приводов рычажного (классического типа) передаваемые усилия.

Возможность работы с более высокими нагрузками обеспечивается наличием

в приводе нижней кинематической пары эксцентрикового типа. Кроме того, данный тип привода обеспечивает более плавный и точный характер перемещения запирающего органа, что позволит обеспечить требуемые регулировочные характеристики клапана.

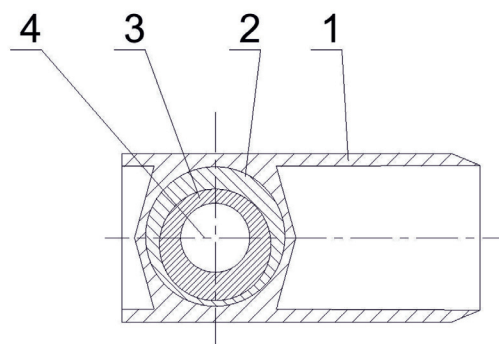


Рис. 2. Схема привода: 1 – запирающий орган, 2 – внешний эксцентрик, 3 – внутренний эксцентрик, 4 – вал привода

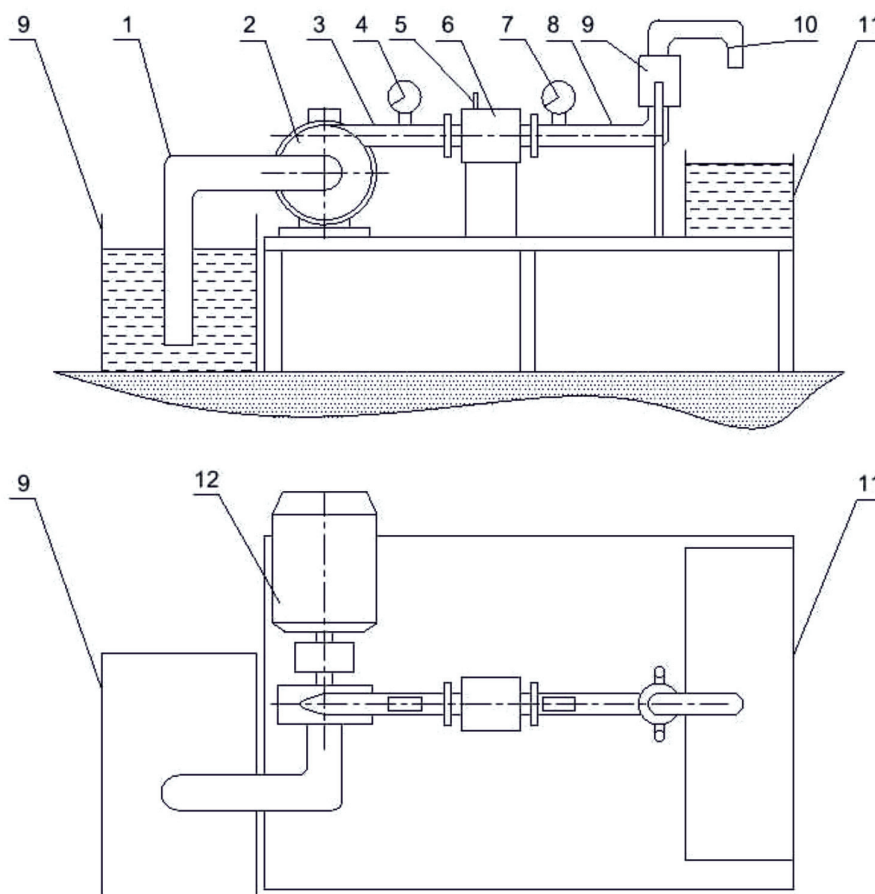


Рис. 3. Схема опытной установки: 1 – электродвигатель, 2 – центробежный насос, 3 – напорный патрубок, 4 – манометр, 5 – регулирующее приспособление, 6 – клапан, 7 – манометр, 8 – трубопровод, 9 – устройство для изменения давления, 10 – сливной патрубок, 11 – емкость, 12 – вертикальный патрубок с возможностью изменения высоты

Для исследования процессов течения жидкости во внутренних объемах разработанного регулирующего клапана была разработана опытная установка, схема которой показана на рис. 3. Фотографии изготовленных из полимерных материалов корпуса и внутренних узлов разработанного регулирующего клапана приведены на рис. 4–5.

Принцип действия установки и методика проведения эксперимента

Жидкость (вода) из емкости 9 при помощи центробежного насоса 2 нагнетается в напорный патрубок 3. Давление на этом участке замеряется при помощи манометра 4. К патрубку 3 подсоединен регулируемый клапан 6 (опытный макет). Проходя через клапан 6 (при открытом или частич-

но открытом положении) поток жидкости испытывает гидравлическое сопротивление внутренних элементов, что приводит к снижению давления в трубопроводе 8, находящемся за клапаном. В этой зоне замер давления осуществляется при помощи манометра 7.

В случае работы реальных регулирующих клапанов, устанавливаемых на различных трубопроводах, давление на участке, находящемся за клапаном, существенно отличается от атмосферного. Для имитации данного «противодавления» в данной опытной установке размещено устройство для изменения давления 12 (вертикальный патрубок с возможностью изменения высоты). Прошедшая весь цикл жидкость сливается в емкость 11.



Рис. 4. Внутренний корпус с делителем потока и запирающим органом



Рис. 5. Фотография внешнего корпуса опытного образца клапана

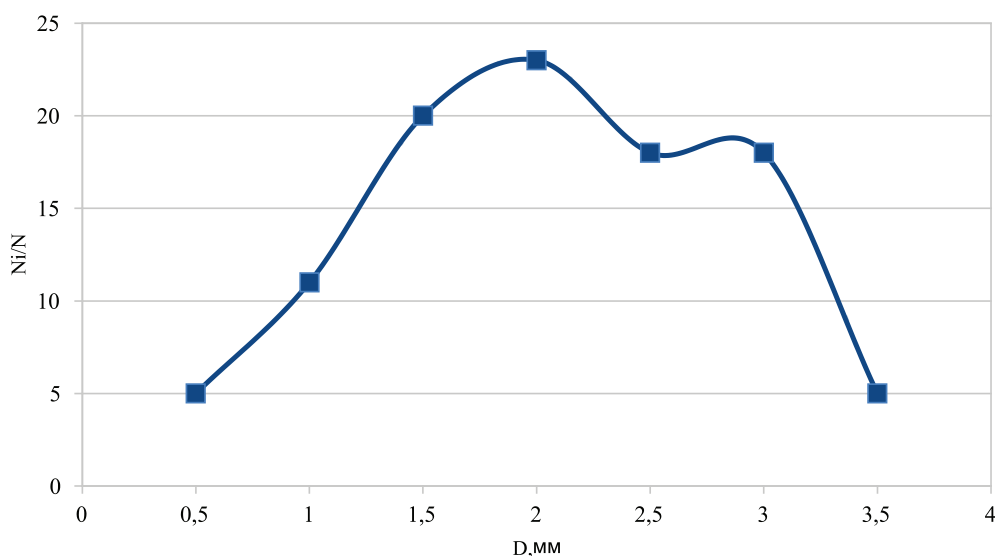


Рис. 6. Распределение числа пузырьков по размерам (опытное) в начальной фазе открытия клапана

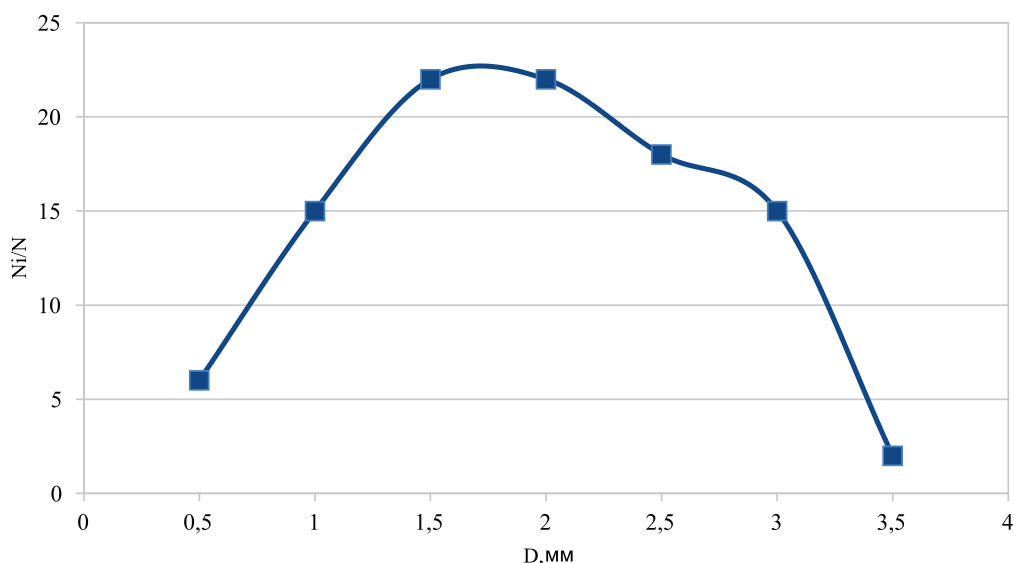


Рис. 7. Опытное распределение числа пузырьков по размерам в промежуточном положении запорного органа

Размеры и количество образованных пузырей определяли при помощи экспресс-метода, разработанного сотрудниками Ярославского государственного технического университета (рис. 6).

На рис. 6 представлены результаты для начальной фазы – процесса открытия клапана. Степень открытия – 20% от полного хода запорного органа.

Анализируя приведенную зависимость, можно сделать вывод о том, что в процессе истечения через запорное приспособление данной опытной установки преобладают пузырьки размером от 1,5 до 3 мм. Количество мелких пузырьков (размерами от 0,5 до 1,5 мм) и более крупных (размером более 3 мм) значительно меньше.

На рис. 7 изображено опытное распределение числа пузырьков по размерам при среднем положении запирающего органа.

В промежуточном положении имеет место некоторое увеличение количества образованных пузырьков с размерами от 1 до 3 мм и снижение количества мелких (от 0 до 1) и крупных газовых образований (от 3 и более мм).

Сравнивая полученную зависимость с распределениями для других конструкций прямооточных регулирующих клапанов [3, 4], можно сделать вывод о том, что использование запорного органа с внешним расположением относительно перфорированного

цилиндра позволяет уменьшить количество кавитационных пузырьков с размерами от 1,5 до 3 мм на 10–15%.

Список литературы

1. Кавитация в местных гидравлических сопротивлениях. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://helpiks.org/5-49789.html> (дата обращения: 07.09.17).
2. Гидравлические машины и гидравлические приводы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://textarchive.ru/c-2543620-pall.html> (дата обращения: 07.09.17).
3. Оборудование нефтеперекачивающих станций [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://doidpo.rusoil.net/storage/GNP_1/teor/teor2_2.htm?2_1 (дата обращения: 07.09.17).
4. Регулирующие клапаны ФИШЕР [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.airar.ru/pdf/catalogue/158/doc9.pdf> (дата обращения: 07.09.17).
5. Моквелд. Регулирующие клапаны [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.mokveldm.com/attachments/article/10/1-1.pdf> (дата обращения: 07.09.17).
6. Ионайтис Р.Р. Дроссельная вставка // Патент России № 2406001. 2014, Бюл. № 34.
7. Кондрашев А.В. Исследование и разработка дроссельно-регулирующих клапанов и поворотных заслонок для перспективных турбин ТЭС и АЭС: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – М., 2014. – 24 с.
8. Фэйгерлунд Э.К. Устройство для снижения давления текучей среды, используемое в процессах с высокими коэффициентами падения давления // Патент России № 2453753. 2006, Бюл. № 17.
9. Бутаков А.В., Кудряшов В.В. Клапан регулирующий осевого типа // Патент России № 2476742. 2013, Бюл. № 5.
10. Лебедев А.Е. Регулирующий клапан // Патент России № 2620617. 2017, Бюл. № 16.