

Козлов В.А.

АО «Армалит»

ул. Трефолева, д.2,
Санкт-Петербург, 198097,
Российская Федерация

kozlovva@armalit.ru

Куличкова Е.А.

СПбГМТУ

ул. Лоцманская, д.3,
Санкт-Петербург, 190121,
Российская Федерация**Петров С.Е.**Самарский национальный
исследовательский университет
имени академика С. П. Королёва
(Самарский университет)Московское шоссе, 34, г. Самара,
443086, Российская Федерация**РАЗРАБОТКА КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ
ДЛЯ СОЗДАНИЯ МАЛОШУМНОЙ
РЕГУЛИРУЮЩЕЙ АРМАТУРЫ**

В статье представлена разработка конструктивных элементов и проведение экспериментальных работ в обеспечение снижения шума и вибраций у типоряда регулирующих клапанов осевого типа. Проводятся исследования проточной части регулирующей арматуры осевого типа с применением оптимизированных конструкций регулирующих элементов – малошумных устройств. По результатам исследований определен лучший вариант с точки зрения уровней вибрации и гидродинамического шума.

Ключевые слова: гидродинамика; клапаны осевые; арматура регулирующая; проточная часть; вибрация; воздушный шум; гидродинамический шум

1 Введение

Функция регулирующей арматуры заключается в регулировании параметров рабочей среды посредством изменения расхода. Основной гидравлической характеристикой регулирующей арматуры является пропускная способность, характеризующая совершенство ее проточной части. Чем лучше гидродинамические характеристики внутренних поверхностей, тем ниже интенсивность вихреобразования при обтекании их скоростным потоком и слабее колебательные процессы в арматуре и трубопроводных системах [1].

Учитывая, что повышенная вибрация и пульсации давления часто возникают в диапазоне нагрузок, определяемом малой

и средней степенью открытия арматуры, формирование акустически оптимальной проточной части с высокой точностью регулирования является важной задачей.

Наиболее эффективным типом регулирующей арматуры, исключая деформацию потока, является осевой тип арматуры. Регулирующие клапаны осевого типа обеспечивают полнопроходность, отсутствие в проточной части конструктивных элементов, деформирующих поток или изменяющих его направление, высокую пропускную способность, максимальный коэффициент расхода и минимальное гидравлическое сопротивление. При этом основными конструктивными элементами, определяющими совершенство проточной

части регулирующей арматуры, являются корпус и регулирующий элемент.

В судостроительной отрасли контроль виброшумовых характеристик является важнейшим этапом создания судового оборудования. Уровни вибрации и шума являются существенными факторами, определяющими работоспособность личного состава на постах, комфорт в местах отдыха, а также акустическую скрытность и, соответственно, боевую эффективность кораблей ВМФ. Поэтому вопрос снижения шумности корабельного оборудования имеет особое значение. На основных режимах эксплуатации уровни шума и вибрации в значительной степени формируются за счёт источников, связанных с работой механизмов, а также элементов систем энергетических установок и общекорабельных систем [2].

С целью улучшения виброшумовых и гидродинамических характеристик предлагается разработать конструктивный малошумный элемент и экспериментально определить акустическую эффективность регулирующего элемента клапана осевого типа.

2 Снижение интенсивности колебательной энергии в клапанах

Основным источником колебаний и шума регулирующей арматуры является высокий уровень скорости рабочей среды в дозирующем сечении клапана. Согласно нормативному документу НП-068-051 регламентируются предельные уровни скорости рабочей жидкости (газа) через арматуру:

- для длительной устойчивой работы – 40 (160) м/с;
- для длительной устойчивой работы без запаса устойчивости – 40...60 (160...240) м/с;
- появление вибрации, кавитации, износа – 60...80 (240...320) м/с;
- неустойчивая работа арматуры, поломка ДРА – свыше 80 (320) м/с.

В дополнение к указанным величинам отметим, что для малошумной арматуры скорость в рабочих органах не должна превышать 25...30 м/с.

В соответствии с основной формулой гидравлического сопротивления Дарси-Вейсбаха

$$\Delta P = \frac{\zeta \rho Q^2}{2 f^2} \quad (1)$$

где ΔP – перепад давления на клапане; ζ – коэффициент гидравлического сопротивления; ρ – плотность среды; Q – объемный расход; f – площадь дозирующего сечения клапана.

Отметим, что скорость среды в узком сечении определяется по очевидной формуле:

$$V = Q/F \quad (2)$$

Коэффициент дросселирования $K_{др} = \Delta P / Q^2$ является характерным параметром ДРА, определяющим диапазон её применения. Согласно формуле (2) $K_{др}$ определяется следующей зависимостью:

$$K_{др} = \frac{\zeta \rho}{2 f^2} \quad (3)$$

Приняв допущение о постоянстве плотности, коэффициент дросселирования можно рассматривать как критерий интенсификации проточной части, предложенный Р. Р. Ионайтисом [3]:

$$K_{и} = \frac{\zeta}{f^2} \quad (4)$$

Данный критерий показывает, как изменится требуемая проходная площадь при нормальной проточной части f_0 и интенсифицированной $f_{инт}$ из условия $K_{др} = \text{const}$:

$$f_{инт} = f_0 \sqrt{\frac{\zeta_{инт}}{\zeta_0}} \quad (5)$$

Таким образом, увеличивая $\zeta_{инт}$, можно увеличить проходную площадь $f_{инт}$ и, соответственно, снизить скорость течения среды через дозирующее сечение.

Известно, что акустическая мощность пропорциональна шестой степени скорости, при этом акустическая мощность уменьшается на 18 дБ при двукратном снижении скорости потока. Однако для достижения такого снижения скорости при $K_{др} = \text{const}$ необходимо увеличить $\zeta_{\text{инт}}$ в 4 раза.

В целях интенсификации гидравлического сопротивления предлагается использование специальных малошумных тримов, конструктивная реализация которых может быть весьма различной. Для увеличения $\zeta_{\text{инт}}$ используются следующие эффекты:

- многочисленное дросселирование потока;
- разбивка потока на множество отдельных струек с последующими их поворотами на значительные углы;
- соударения отдельных струек с диссипацией энергии;
- использование закрученных потоков и пр.

3 Разработка шумоглушащих элементов

Учитывая выше изложенные предположения, были разработаны и изготовлены опытные образцы малошумных элементов, включающие в себя дросселирующие перфорированные втулки различных типоразмеров и набор дроссельных шайб. На рисунке 1 представлены модели общего вида регулирующего клапана осевого типа в исходном исполнении и варианты установки малошумных элементов: без

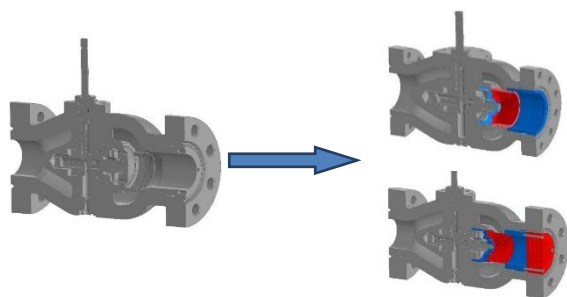
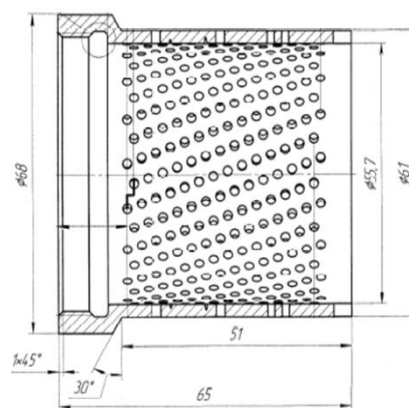
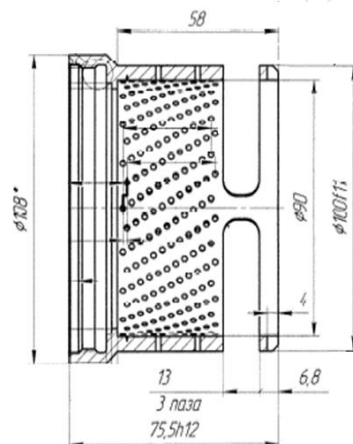


Рисунок 1. Расположение малошумного элемента в проточной части регулирующего клапана осевого типа

дроссельных шайб и с установленными дроссельными шайбами соответственно. Разработанные модели малошумных элементов предусматривают три варианта различных внешних втулок, различающихся размерами дросселирующих отверстий и наличием или отсутствием окошек для обеспечения расходных характеристик. Диаметры отверстий на втулках составили 3 мм (рисунок 2), 2 мм и 1 мм.



а



б

Рисунок 2. Перфорированные втулки малошумного элемента без (а) и с (б) «окошечком» для обеспечения расходных характеристик

Чередование внешних втулок позволило определить наиболее эффективный вариант для уменьшения уровней шума и вибрации. Общие виды сборочных чертежей малошумных элементов представлены на рисунке 3.

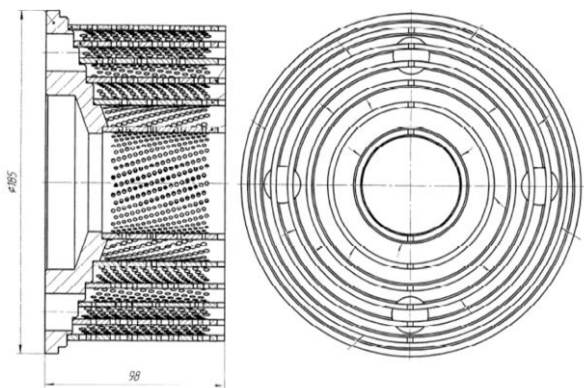


Рисунок 3. Сборочный узел малозумного элемента

4 Экспериментальные исследования акустической эффективности

Экспериментальные исследования выполнялись на стенде акустических испытаний, предназначенном для контроля шума и вибрации судовой трубопроводной арматуры (рисунок 4).



Рисунок 4. Стенд акустических испытаний

Этот стенд представляет собой замкнутую гидравлическую систему из участков трубопроводов, соединённых с двумя сообщающимися между собой емкостями с водой: вытеснительной и сливной. Стенд является уникальным за счёт возможности испытаний изделий с условным проходом DN10–250 и отсутствия насоса для обеспечения циркуляции жидкости, то есть он не

содержит повышенных источников шума и вибраций. Для снижения собственных виброакустических помех стенда внедрён комплекс средств: заградительные устройства для снижения пульсаций давления, амортизированные виброзадерживающие массы, изолированные фундаменты оборудования и испытательного участка. [4, 5].

Экспериментальные исследования включили в себя определение уровней вибрации, воздушного и гидродинамического шума. Исследованиям подвергались образцы регулирующего клапана осевого типа DN100 и DN200 с установленными малозумными элементами в проточной части со следующими вариантами монтажа:

- вариант монтажа с дроссельными шайбами на выходе проточной части клапана;
- и без их установки, а также с поочередной заменой внешних перфорированных втулок (в трёх вариациях).

Экспериментальные исследования включали в себя определение уровней вибрации и гидродинамического шума на типовых режимах работы.

Результаты исследований регулирующих клапанов осевого типа с установленными малозумными элементами сравнивались со значениями, полученными на исходной проточной части регулирующего клапана осевого типа.

Полученные результаты уровней вибрации и гидродинамического шума проанализированы, результаты анализа представлены на рисунках 5 и 6.

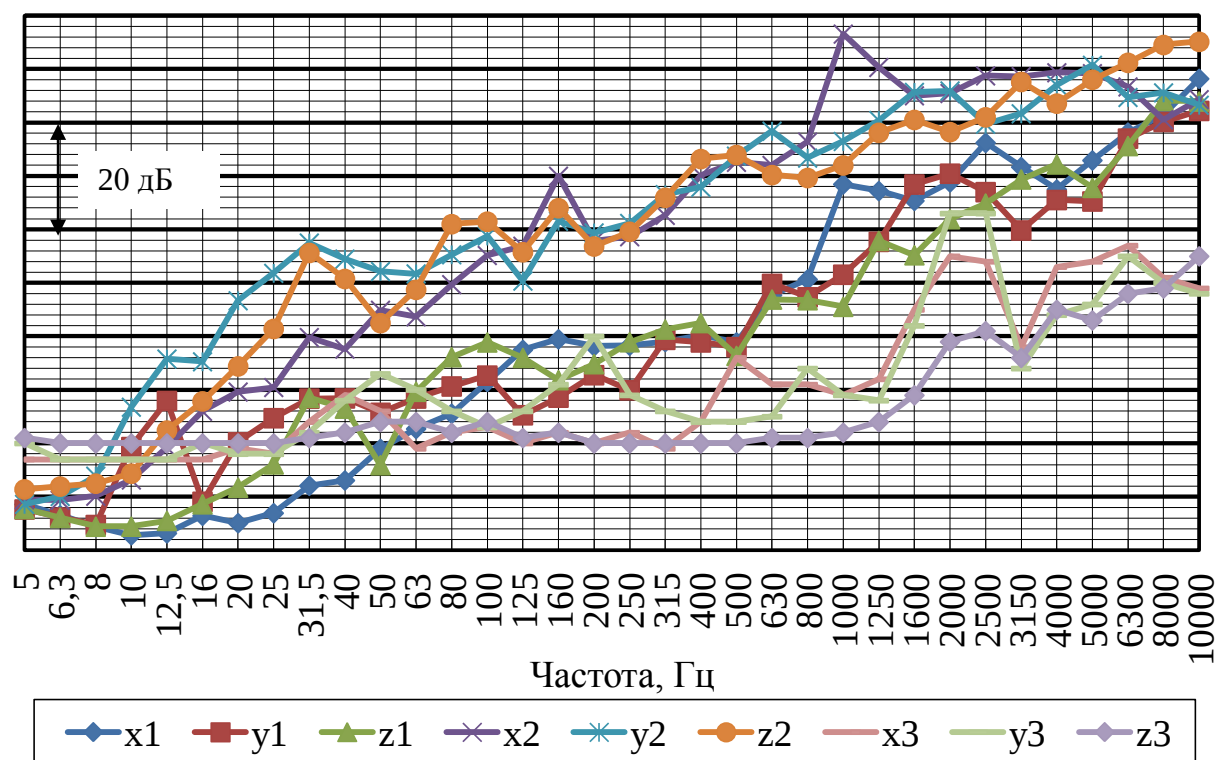


Рисунок 5. Уровни вибрации различных вариантов регулирующих элементов

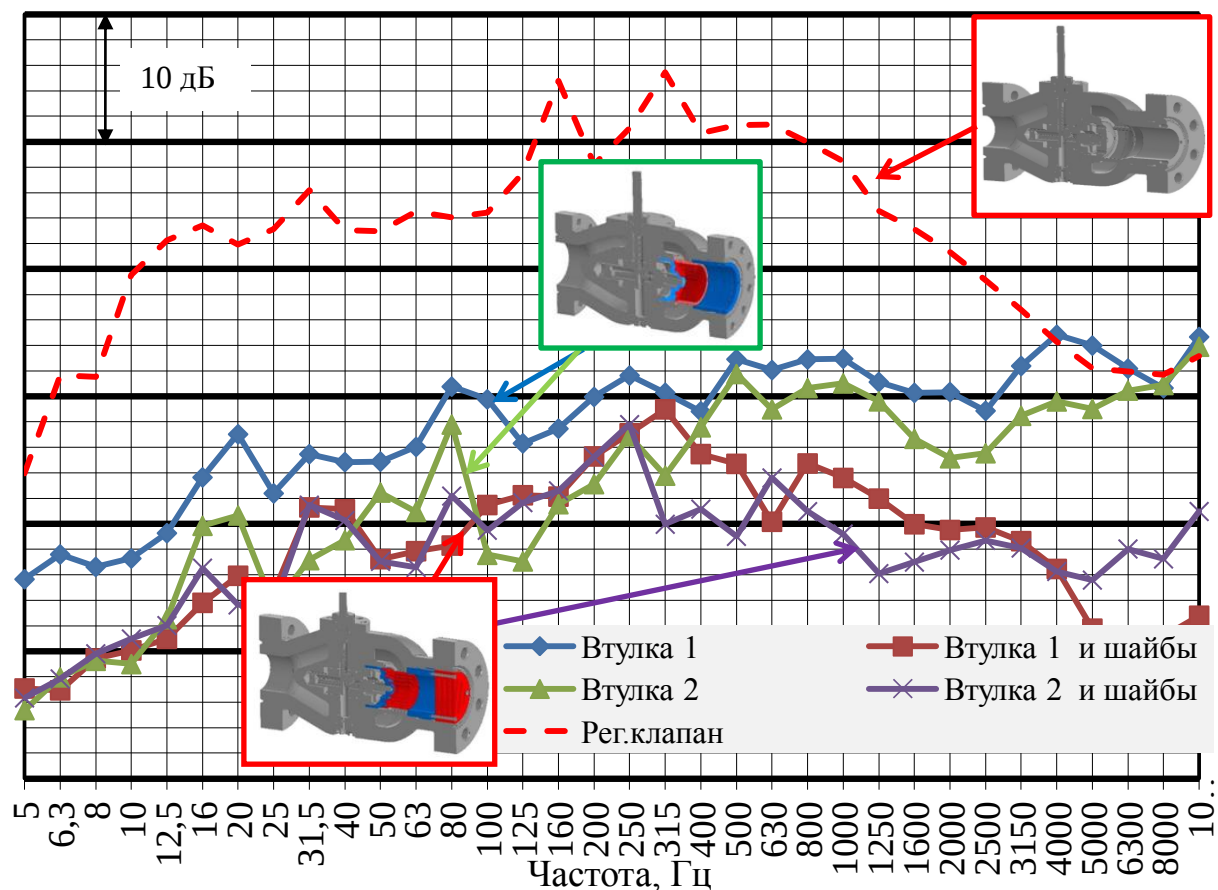


Рисунок 6. Уровни гидродинамического шума различных вариантов регулирующих элементов

5 Заключение

Наилучшим вариантом с точки зрения уровней вибрации и гидродинамического шума оказался вариант втулки №2 с размерами дросселирующих отверстий 2 мм, наличием окошек для обеспечения расходных характеристик установленными тремя дроссельными шайбами с размерами дросселирующих отверстий 3мм, 3мм и 2мм соответственно.

Сравнение экспериментальных зависимостей показывает, что общий характер уровней совпадает, а также проявляется снижение уровней во всём диапазоне частот, средняя эффективность которых составляет до 25 дБ, а на средних частотах достигает 35 дБ [6].

В результате данного исследования была подтверждена эффективность применения разработанных малошумных элементов. В то же время для более высокого снижения шума и вибрации необходим комплексный подход к разработке малошумных регулирующих клапанов осевого типа с применением существующего задела.

На основании полученных результатов планируется дальнейшее совершенствование малошумной регулирующей арматуры осевого типа.

Список использованных источников

- [1] Черногорский В. К. Моделирование потока среды в регулирующей арматуре и оценка её гидравлических и прочностных свойств. Диссертация на соискание академической степени магистра. Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 2017, 59 с.
- [2] Куличкова Е. А. Снижение импульсной вибрации судовой трубопроводной арматуры. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. Санкт-Петербургский государственный морской технический университет, 2017, 16 с.
- [3] Ионайтис Р. Р., Сердюк Н. М., Черноштан В. И. Разработки Росатома по унифицированной ТПА АЭС для энергонапряженных объектов. Арматуростроение, № 6 (51), 2007, С. 38-43.
- [4] Козлов В. А., Тюменцев Г. А., Щелоков Ю. А. Материалы IX межвузовской научно-практической конференции аспирантов, студентов и курсантов «Современные тенденции и перспективы развития водного транспорта России». 2018, С. 270-273.
- [5] Куличкова Е. А., Тепляшин, М. В. Модернизация стендовой базы испытательной лаборатории судовой трубопроводной арматуры АО "ЦТСС" КБ "Армас". Вестник технологии судостроения и судоремонта, № 20, 2013, С. 95-98.
- [6] Куличкова Е. А., Дадыченков М. Н., Фадеев А. О., Безручко А. С., Отчет о НИР шифр «ОРТ», АО "ЦТСС" КБ "Армас", 2022.

V.A. Kozlov

JSC «Armalit»

Trefoleva str., 2, St. Petersburg,
198097, Russian Federation

kozlovva@armalit.ru

E.A. Kulichkova

SMTU

Lotsmanskaya str., 3, St. Petersburg,
190121, Russian Federation

S.E. Petrov

Samara National Research University
(Samara University)

34, Moskovskoye shosse, Samara,
443086, Russian Federation

DEVELOPMENT OF STRUCTURAL ELEMENTS FOR THE CREATION OF LOW-NOISE CONTROL VALVES

The article presents the development of structural elements and experimental work to ensure noise and vibration reduction in a series of axial type control valves. Studies of the flow part of the axial type control valves are carried out using optimized designs of control elements – low-noise devices. According to the research results, the best option was determined in terms of vibration levels and hydrodynamic noise.

Keywords: hydrodynamics; axial valves; control valves; flow part; vibration; air noise; hydrodynamic noise

References

- [1] Chernogorsky V.K. Modeling of the medium flow in the control valve and evaluation of its hydraulic and strength properties. Dissertation for an academic master's degree. Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University. 2017 – 59 p.
- [2] Kulichkova E.A. Reduction of pulse vibration of ship pipeline fittings. Abstract of the dissertation for the degree of Candidate of Technical Sciences. Saint Petersburg State Maritime Technical University, 2017 – 16 p.
- [3] Ionaitis R. R., Serdyuk N. M., Chernoshtan V. I. Rosatom's development of a unified TYPE of NPP for power-stressed facilities. Armature engineering, № 6 (51). 2007, pp.38-43
- [4] Kozlov V.A., Tyumentsev G.A., Shchelokov Yu.A. Materials of the IX interuniversity scientific and practical conference of postgraduates, students and cadets "Modern trends and prospects for the development of water transport in Russia". 2018, pp.270 – 273
- [5] Kulichkova E. A., Teplyashin, M. V. Modernization of the bench base of the testing laboratory of ship pipeline fittings of JSC "SSTC" design bureau "Armas". Bulletin of shipbuilding and ship repair technology, № 20, 2013 -pp. 95-98.
- [6] Kulichkova E. A., Dadychenkov M. N., Fadeev A. O., Bezruchko A. S., Report on research, code "ORT", JSC "SSTC" design bureau "Armas", 2022.