

УДК 53.072.12

РАЗРАБОТКА ГИДРАВЛИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ С УПРУГИМИ РЕГУЛИРУЮЩИМИ ЭЛЕМЕНТАМИ

Берестовицкий Э.Г., Гладилин Ю.А., Пялов Н.В.

АО «Концерн «НПО «Аврора», Санкт-Петербург, Россия, mail@avrorasystems.com

Ключевые слова: вибрация, регулирование давления, дифференциальная характеристика расхода, эластичный элемент дросселирования.

В 2015-2018 годах АО "Концерн "НПО "Аврора" совместно с "Институтом акустики машин" при Самарском аэрокосмическом университете" выполнялись научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по созданию регулирующей аппаратуры с эластичными элементами дросселирования.

Необходимость выполнения указанной работы обусловлена следующими причинами.

1. Поиск конструкции дроссельного элемента обеспечивающего работу с засоренной рабочей средой, включая использование в качестве морской среды морской забортной воды.
2. Поиск конструкции дроссельного элемента обеспечивающего снижение уровней вибрации и воздушного шума.

Рассмотрение созданные в настоящее время устройства с упругими регулирующими элементами показало, что их использование может значительно снизить требования к чистоте рабочей жидкости и ее составу, включая использование в качестве рабочей жидкости морской водой. Учитывая, что дроссельная зона образуется упругими элементами со значительной податливостью, также можно ожидать снижения уровней вибрации и шума [1].

Поиск более простой в изготовлении конструкции органа регулирования привел к идее использовать клапаны с эластичными регулирующими элементами трубчатой формы.

В настоящее время такие устройства применяются для регулирования расхода различных рабочих сред, в том числе водопесчаных смесей и сыпучих грузов.

Выполненные ранее работы [2] показали, что при использовании в составе гидроаппаратуры эластичных узлов, обеспечивает большую податливость дроссельных элементов, что должно обеспечивать снижение уровни вибрации и шума.

В результате проведенных испытаний изготовленных макетов дроссельных элементов были построены расходно-перепадные характеристики, которые носили линейный характер, что говорит о ламинарном режиме течения рабочей жидкости в рабочем зазоре дросселя.

Проверка акустических характеристик показала, что до частоты 1000-1200 Гц прослеживался рост уровня вибрации. При более высоких частотах, в отличие от «металлических» дроссельных элементов, отмечено снижение уровня вибрации. Снижение составило 3 дБ на октаву, начиная с частоты 1600 Гц.

Вместе с тем моделирование деформации дроссельного узла, показало, что деформация эластичного элемента является несимметричной и имеет смещение в сторону направления тока рабочей жидкости (рис. 1), что усложняет определение гидравлических характеристик узла.

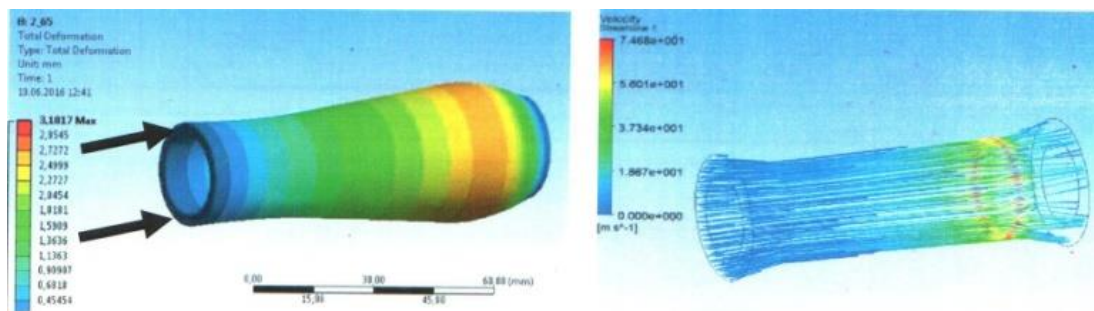


Рис. 1. Моделирование деформации эластичного элемента и потока при работе дросселя

Уточненный расчет гидравлических характеристик показал, что максимальная скорость в районе минимального зазора в клапане кратковременно повышается до 24 м/с, что ухудшает акустических характеристик. Причиной является наличие пульсаций давления, причиной которых предположительно является потеря устойчивости оболочки эластичного регулирующего элемента и ее автоколебания по типу флаттера, т.е. с положительной обратной связью.

Таким образом, выявилась необходимость повышения жесткости эластичного узла регулирования или обеспечения многокаскадности дросселирования для обеспечения соответствия регулятора требованиям малозумности.

В результате оценки возможных конструкций эластичного дроссельного узла было принято решение реализовать многокаскадную конструкцию, поскольку повышение жесткости эластичного элемента (например, использование эластичного элемента с кордом) приводило к необходимости повышения управляющего давления.

Был разработан макет двухкаскадного регулятора с одним эластичным регулирующим элементом, схема которого показана на рис. 2.

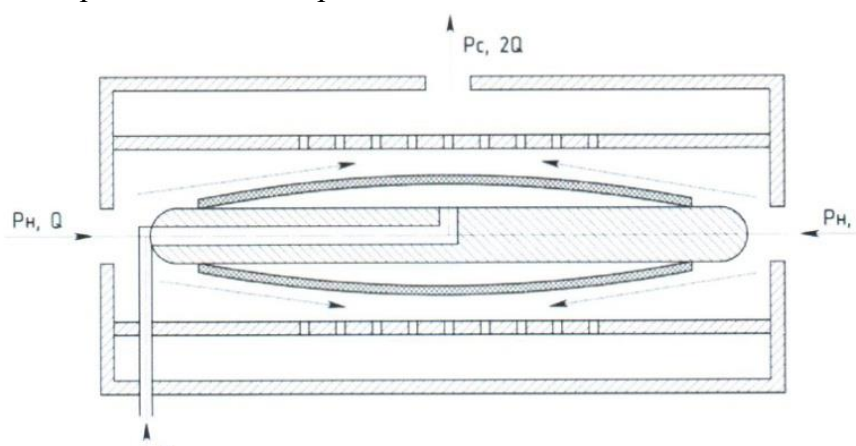


Рис. 2. Схема двухкаскадного регулятора давления

В качестве первого каскада служит клапан с эластичным регулирующим элементом, в качестве второго – перфорированная гильза.

Показанная конструкция позволяет применять ее как при движении рабочей жидкости в направлении показанном на рис. 2, так и при движении рабочей жидкости в обратном направлении.

Двухкаскадный регулятор по сравнению с однокаскадным получил следующие преимущества:

- двухсторонний подвод жидкости уменьшил воздействие выходного давления на деформацию эластичного регулирующего элемента;
- реализована возможность ступенчатого дросселирования потока в следующих гидравлических сопротивлениях:
 - регулируемого кольцевого зазора между эластичного регулирующего элемента и перфорированной втулкой;
 - поворот потока из кольцевого зазора в радиальные отверстия перфорированной втулки;
 - радиальные отверстия перфорированной втулки.

Испытания изготовленного макета двухступенчатого регулятора, в том числе при длительных (70 тыс. циклов срабатывания) испытаниях показали:

Проведенные проверки показали:

1. Макет прибора в целом сохранил рабочие характеристики;
2. Состояние эластичных регулирующих элементов после испытаний свидетельствует об имеющемся запасе прочности для подтверждения более длительного ресурса.

В результате выполненных работ подтверждена возможность создания малошумной гидроаппаратуры с эластичными регулируемыми элементами. Макет подобного прибора показал лучшие вибро-акустические характеристики, чем приборы с дросселями золотникового типа с аналогичным Ду. Подтверждено сохранение рабочих характеристик регуляторов с эластичными регулируемыми элементами при работе с рабочими жидкостями разной вязкости (жидкость ПГВ, минеральное масло, вода водопроводная). Подтверждено сохранение работоспособности регулятора с эластичными регулируемыми элементами при проведении длительных испытаний.

Расчетами подтверждена возможность дальнейшего улучшения вибро-акустических характеристик регуляторов с эластичными регулируемыми элементами.

Список источников

1. Вельщев, В.В. Перспективы развития подводной гидравлики на морской воде / В.В. Вельщев // Подводные исследования и робототехника. – 2014. – № 2(18).
2. Берестовицкий, Э.Г. Создание гидравлического оборудования с упругими регулируемыми элементами / Э.Г. Берестовицкий, Ю.А. Гладилин, Н.В. Пялов // Судостроение. – 2021. – № 6(859). – С. 44-48.

DEVELOPMENT OF HYDRAULIC DEVICES WITH ELASTIC REGULATING ELEMENTS

Berestovitsky E.G., Gladilin Y.A., Pyalov N.V.

Concern Aurora Scientific and Production Association JSC, S.-Peterburg, Russia,
mail@avrorasystems.com

Keywords: vibration, throttle, pressure regulator, flow-differential characteristic, elastic regulating element

Currently, when creating the actuators of deep-sea vehicles and other technical means, there is a tendency to place the elements of the hydraulic drive outside the durable housing.

Such hydraulic systems are at risk of depressurization, which leads to the ingress of working fluid (mineral oils or synthetic working fluids) into seawater and flooding of the hydraulic system's working fluid with seawater.

The ingress of the working fluid into seawater leads to a violation of environmental safety, and if seawater enters the internal cavities of the hydraulic system, they may be damaged, which will require long and expensive repairs in the future.

One of the possible ways to eliminate the listed consequences of depressurization of outboard hydraulic systems is the creation of hydraulic equipment using seawater as a working fluid. The cheapest design of such a regulatory body is the use of shut-off valves with elastic tubular control elements.

The researches have been carried out confirming the possibility of creating low-noise regulators with elastic control elements. These regulators have better vibroacoustic characteristics than spool-type throttles with similar functional characteristics. The preservation of the operating characteristics of regulators with elastic regulating elements when working with working fluids of different viscosities (PGV liquid, mineral oil, tap water) has been confirmed. The preservation of the operability of the regulator with elastic control elements during long-term tests has been confirmed.

As a result of the work carried out, a scientific and technical reserve was obtained that allows creating a device with elastic regulating elements, having a flow-drop characteristic that meets modern requirements, a vibroacoustic characteristic that meets promising requirements and sufficient reliability when working on clean working fluids.