

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ПРИНЦИПА СООСНОСТИ ПОВЕРХНОСТЕЙ В КОНСТРУКЦИИ УСТРОЙСТВ КЛАПАННОГО ТИПА

До З. М.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Гиль С.В. – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры ИКТ

Аннотация. Изучение влияния принципа соосности соприкасающихся поверхностей в устройствах клапанного типа имеет непосредственное отношение к проблеме выбора оптимального варианта конструкции запорно-регулирующего элемента этих устройств. В работе средствами САПР SolidWorks проведено имитационное моделирование рабочего процесса на основании созданной 3D-модели типовой конструкции предохранительного клапана с различными вариантами поверхностей запорно-регулирующего элемента. Представлен сравнительный анализ основных характеристик устройства, дана оценка степени влияния принципа соосности поверхностей на эксплуатационные и технические показатели устройств клапанного типа.

Ключевые слова: соосность поверхностей, предохранительный клапан, запорно-регулирующий элемент, имитационное моделирование

Введение. Практика показывает, что почти половина всех отказов в работе устройств клапанного типа связана непосредственно с отказами в работе клапанной системы, которая должна в процессе эксплуатации обеспечивать следующие функции: обладать высокой герметичностью, достаточным проходным сечением, малой начальной нечувствительностью. При этом разнообразные конструкции клапанных систем основаны на принципе соосности соприкасающихся поверхностей. В современных устройствах клапанного типа запорно-регулирующие элементы должны представлять собой соосные поверхности, то есть имеющие общую ось вращения и соответствующей линией их пересечения, расположенной перпендикулярно общей оси. Однако по ряду объективных и субъективных причин этот принцип соосности может нарушаться, что в свою очередь оказывает непосредственное влияние на работу устройства, приводит к повреждению взаимосвязанных компонентов, сильным вибрациям и дисбалансу, структурным резонансам и в итоге к повреждению клапана. Следовательно, компьютерное моделирование работы устройств клапанного типа, а также исследование и анализ принципа соосности с различными типами поверхностей вращения второго порядка будет иметь важный прикладной характер, позволит дать ряд практических рекомендаций, влияющих на динамические и статические характеристики данного типа устройств, а также эксплуатационные и технические показатели. В качестве примера рассмотрим типовую конструкцию предохранительного клапана с различными вариантами поверхностей запорно-регулирующих элементов. Средствами САПР SolidWorks создадим 3D-модель предохранительного клапана и проанализируем влияние принципа соосности соприкасающихся поверхностей на эксплуатационные и технические характеристики подобного типа устройств.

Основная часть. Предохранительный клапан представляет собой устройство для управления потоком рабочей жидкости в гидросистемах с целью стабилизации давления и поддержания его на фиксированном уровне в соответствии с заданными условиями работы. Если величина давления превышает установленный предел, клапан периодически или однократно сбрасывает (уменьшает) давление, чтобы помочь системе стабилизироваться [1].

Среди запорно-регулирующих элементов клапанов можно выделить несколько типов, таких как шариковые, конические и тарельчатые (пластинчатые) (рисунок 1). Каждый из этих типов имеет свои преимущества и недостатки. При этом соответственно различные типы конструкции запорно-регулирующих элементов требуют разного уровня точности и со-

осности соприкасающихся поверхностей для обеспечения правильной работы клапанной системы, а также её герметичности [2].

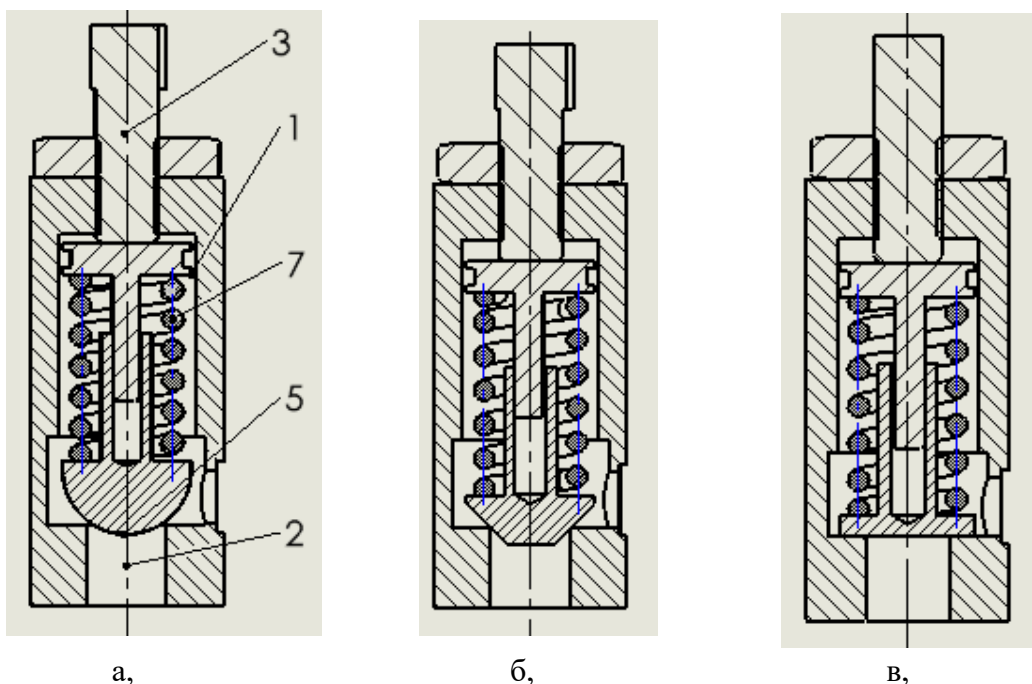


Рисунок 1 – Принципиальные схемы предохранительных клапанов с запорно-регулирующими элементами: а - с шариковым; б - с коническим; в - с тарельчатым (пластинчатым)

Вследствие своей конической формы, конические запорно-регулирующие элементы предохранительных клапанов чувствительны к перекосам и не соосности, что усложняет обеспечение точной посадки клапана и требует более сложной конструкции устройства, так как седло клапана цилиндрическое, а окружность в сечении конуса будет только в том случае, если оно перпендикулярно оси посадочного седла. Однако, у клапанов с шариковым запорно-регулирующим элементом ось отверстия седла и ось шарика всегда соосны вследствие принципа соосности поверхностей второго порядка, что обеспечивает более легкую и точную посадку клапана и, как следствие, достаточно простую конструкцию устройства в целом. Представленные теоретические выводы экспериментально докажем средствами САПР SolidWorks на основании метода имитационного моделирования рабочего процесса 3D-модели типовой конструкции предохранительного клапана с различными вариантами поверхностей запорно-регулирующих элементов. Вводим граничные значения по давлению: $P_{\text{ВХОД}} = 2,5 \text{ МПа}$; $P_{\text{ВЫХОД}} = 1 \text{ МПа}$ соответствующее давлению окружающей среды; и температуры $T = 293 \text{ К}$.

Goal Name	Unit	Value	Averaged Value	Minimum Value	Maximum Value	Progress [%]	Use In Convergence	Delta	Criteria
SG Force 3	[N]	12.316	12.316	12.314	12.319	100	Yes	0.005	0.089
SG Average Velocity 6	[m/s]	3.272	3.266	3.260	3.274	100	Yes	0.014	0.084

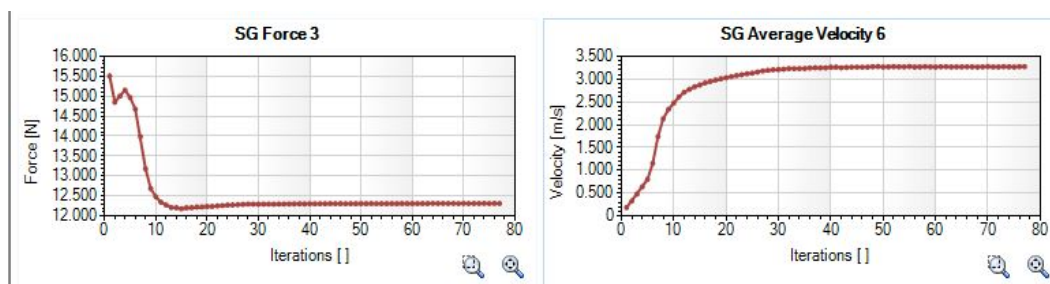


Рисунок 2 – Расход потока жидкости и сила, действующая на запорно-регулирующий элемент в шариковой клапанной системе

Goal Name	Unit	Value	Averaged Value	Minimum Value	Maximum Value	Progress [%]	Use In Convergence	Delta	Criteria
SG Force 1	[N]	12.369	12.367	12.363	12.375	100	Yes	0.004	0.071
SG Average Velocity 3	[m/s]	3.899	3.892	3.879	3.909	100	Yes	0.030	0.098

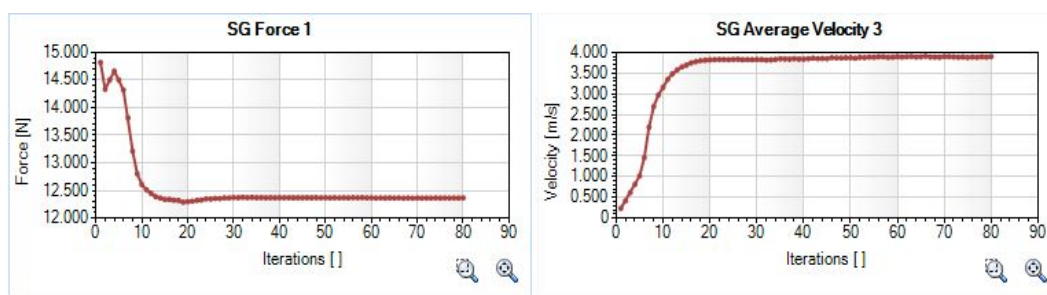


Рисунок 3 – Расход потока жидкости и сила, действующая на запорно-регулирующий элемент в конической клапанной системе

SG Force 3	[N]	15.228	15.227	15.227	15.228	100	Yes	0.001	0.114
SG Average Velocity 6	[m/s]	0.263	0.262	0.259	0.263	100	Yes	2.902e-04	0.007

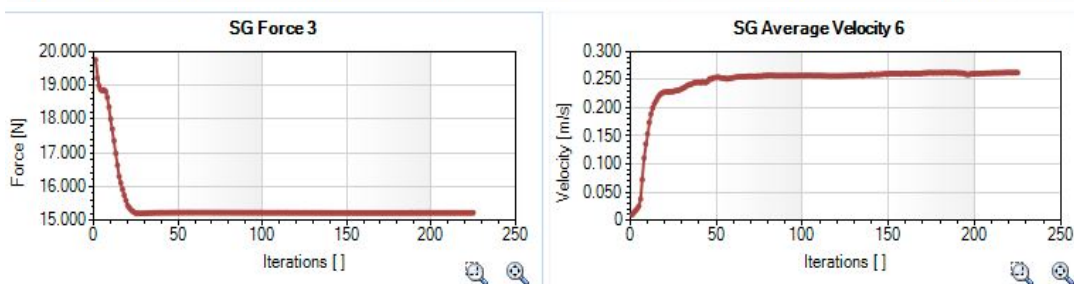


Рисунок 4 – Расход потока жидкости и сила, действующая на запорно-регулирующий элемент в тарельчатой клапанной системе

Практическими условиями эксплуатации доказано, что внутренний контакт запорно-регулирующего элемента с седлом значительно деформируется пластической деформацией даже при температуре окружающей среды. Давление, действующее на запорно-регулирующий элемент и седло клапана в зоне контакта, назначается как макродавление. В этом случае допускаем, что существует щель микрометровой ширины, созданная этим макроскопическим давлением. Величина этой щели шириной 0,005 мм. Анализ результатов экспериментов, представленных на рисунках 2, 3 и 4 показывает, что герметичность тарельчатого клапана является наилучшей. Конические клапаны не имеют точек контакта, что может привести к более сложным проблемам с уплотнением и потребовать тщательного контроля соосности и плоскостности поверхности. Поскольку форма опорного торца тарельчатого клапана представлена в виде призматической поверхности, можно констатировать, что сила потока, действующая на запорный элемент, является наибольшей, поэтому необходимо хорошо обработать поверхность запорного элемента тарельчатого клапана, чтобы повысить эффективность его использования.

Шариковый и конический клапан обеспечивают более стабильный расход и лучший контроль давления в системе. Разница в расходе потока во всей клапанной системе невелика, что обеспечивает устойчивость системы. Это можно объяснить конструктивной формой запорно-регулирующего элемента, потому что шариковый предохранительный клапан имеет сферическую поверхность, перемещается вверх и вниз в ответ на изменение давления. Путь потока через клапан обычно прямой, что означает небольшую или отсутствующую турбулентность, или прерывание потока при прохождении через клапан. А для конических предохранительных клапанов, путь потока через клапан часто имеет наклон, что может вызвать некоторую турбулентность и нарушить поток при прохождении через клапан. Для тарельчатых предохранительных клапанов, путь потока через клапан обычно перпендикулярен поверхности, что может вызвать значительную турбулентность и нарушить поток при прохождении через клапан. Следовательно, это может привести к наименее стабильным схемам по-

тока и наиболее изменчивым давлениям в системе. Результаты представлены на рисунках 5, 6 и 7.

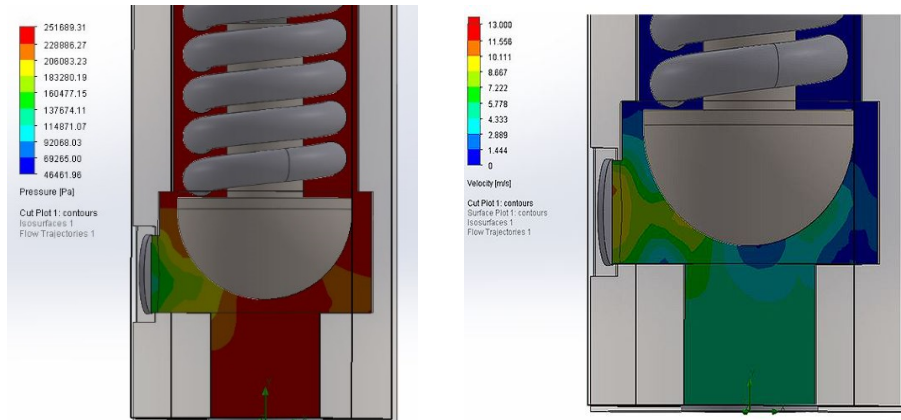


Рисунок 5 – Давление и расход потока жидкости в шариковой клапанной системе в открытом состоянии

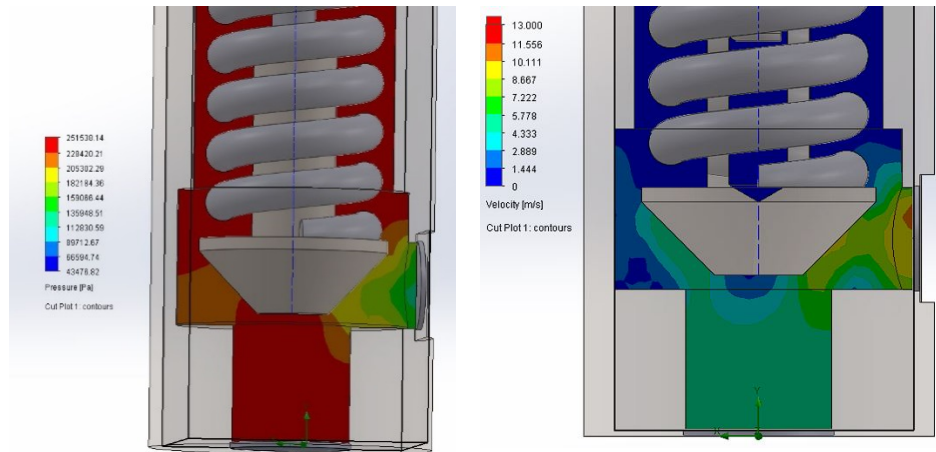


Рисунок 6 – Давление и расход потока жидкости в конической клапанной системе в открытом состоянии

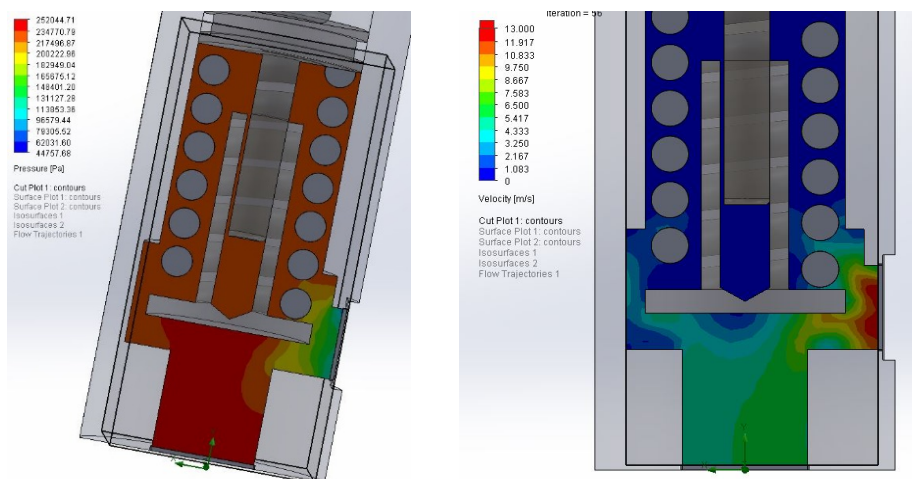


Рисунок 7 – Давление и расход потока жидкости в тарельчатой клапанной системе в открытом состоянии

При потере соосности поверхности значительно и существенно увеличивается утечка жидкости, а также ухудшается устойчивость потока в системе клапанов в открытом состоянии. Результаты имитационного моделирования представлены на рисунке 8.

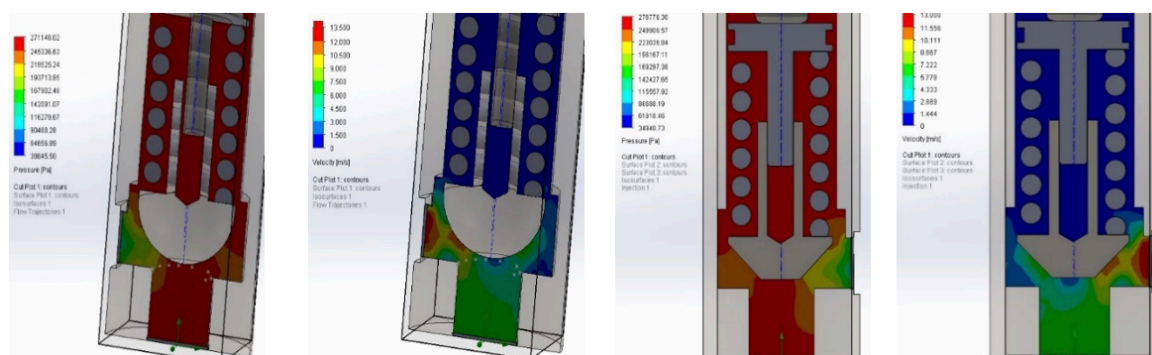


Рисунок 8 – Давление и расход потока жидкости в шариковой и конической клапанных системах в открытом состоянии при потере соосности поверхности

Заключение. Средствами САПР SolidWorks проведено имитационное моделирование рабочего процесса на основании созданной 3D-модели типовой конструкции предохранительного клапана с различными вариантами поверхностей запорно-регулирующего элемента. Представлен сравнительный анализ основных характеристик устройства и степень влияния на эти характеристики особенности конструкции и формы поверхности запорно-регулирующих элементов. Каждый из этих типов имеет свои преимущества и недостатки. При этом экспериментально установлено, что влияние принципа соосности поверхностей, составляющих геометрическую форму элементов клапанной системы, является существенным, оказывает значительное воздействие на рабочие характеристики устройства, а, следовательно, на быстрдействие, устойчивость и надёжность. Таким образом анализ данного принципа соосности поверхностей в конструкции клапанов помогает обеспечить правильную работу устройства и всей технической системы в целом, а выбор оптимального варианта запорно-регулирующего элемента для конкретных условий функционирования устройства должен основываться на многих факторах, включая также требования к соосности соприкасающихся поверхностей.

Список литературы:

1. Клапанная аппаратура [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://rg-gidro.ru/reviews/stati_i_obzory/klapannaya_apparatura – Дата доступа: 15.02.2023.
2. Лепешкин А.В. Гидравлика и гидронеповопривод, часть 2/ А.В. Лепешкин, А.А. Михайлин, А.А. Шейнак; под редакцией А.А. Шейнака, – МОСКВА: 2003. – 352 с.
3. Предохранительные клапаны: устройство, виды, монтаж, нормы [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.gidro-term.com.ua/142-stati/373-klapanu-predokhranitelnye-ustrojstvo-montazh-normy> – Дата доступа: 15.02.2023.

UDC 004.942

ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF THE PRINCIPLE OF SURFACE COAXIALITY IN THE DESIGN OF VALVE-TYPE DEVICES

Do D. M.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Gil S.V. – PhD, associate professor, associate professor of the Department of ECG

Annotation. The study of the influence of the principle of coaxiality of the contacting surfaces in the valve-type devices is directly related to the problem of choosing the optimal design of the shut-off and control element of these devices. In the work by means of CAD SolidWorks simulation of working process on the basis of created 3D-model of typical construction of safety valve with different variants of surfaces of locking-controlling element has been performed. A comparative analysis of the main characteristics of the device is presented, the degree of influence of the principle of coaxiality of surfaces on operational and technical performance of valve-type devices is evaluated.

Key words: coaxiality of surfaces, safety valve, shut-off and control element, simulation modeling.