

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования  
Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники

УДК 004.942

До Зуй Мань

Исследование влияния соосности поверхностей в устройствах клапанного типа  
CAD – системами

**АВТОРЕФЕРАТ**

на соискание степени магистра

по специальности 1-36 80 08 «Инженерная геометрия и компьютерная графика»

Научный руководитель

Гиль Светлана Валентиновна

Доцент кафедры ИКГ

Доцент; кандидат технических наук

Минск 2023

## ВВЕДЕНИЕ

Предохранительные клапаны являются важным устройством, широко используемым во многих различных отраслях промышленности, они играют важную роль в защите безопасности человека, безопасности оборудования и окружающей среды от повреждений, вызванных избыточным давлением.

Принцип соосности является решающим фактором в конструкции и работе устройств клапанного типа, которые используются в различных отраслях промышленности для регулирования и контроля потока жидкости. Таким образом, принцип соосности поверхности клапанной системы решает важную задачу и изучение его характеристик является актуальной задачей.

САПР SolidWorks можно использовать для изучения влияния соосности поверхностей в устройствах клапанного типа. САПР SolidWorks может использоваться для моделирования клапанных устройств и имитации их поведения в различных условиях эксплуатации. Изменяя степень соосности поверхностей в САД-моделях, инженеры могут изучать влияние несоосности поверхностей на производительность устройств. Например, они могут имитировать поток жидкости через клапан и измерять падение давления и скорость потока для различных уровней соосности поверхности. Используя SolidWorks для исследования эффекта соосности поверхностей, инженеры могут определить потенциальные улучшения конструкции, которые будут способствовать повышению производительности и надежности клапанных устройств. Они также могут оптимизировать производственный процесс, чтобы поверхности устройств были как можно более соосности.

В работе рассматриваются особенности конструкции предохранительных клапанов прямого действия со сферической, конической и цилиндрической поверхностью запорно-регулирующего элемента, а также их основной принцип работы. А также изучается влияние соосности на характеристики клапанных устройств, включая такие факторы, как скорость потока, перепад давления и расход жидкости. Диссертация будет сосредоточены на анализе конструкции клапанных устройств с разным уровнем соосности для определения оптимальной конфигурации для эффективной и результативной работы.

В диссертации будут использоваться инструменты моделирования в САПР SolidWorks для моделирования потока жидкости через устройства клапанного типа с различными уровнями соосности и анализа результатов для определения наиболее эффективной конструкции.

# ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

## **Актуальность темы магистерской диссертации:**

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. Следовательно, исследование влияния данного принципа средствами САД – систем на конструктивные особенности, а также эксплуатационные, технические и экономические показатели устройств клапанного типа будет являться актуальным научным исследованием. Наглядный визуальный анализ влияния соосности поверхностей в устройствах клапанного типа поможет выявить ошибки при эксплуатации и предложить выгодные технологичные решения по повышению работоспособности оборудования или сэкономить затраты на ремонт и периодическое техническое обслуживание.

## **Цель работы:**

Целью работы является исследование и анализ влияния принципа соосности поверхностей средствами САД-систем в устройствах клапанного типа.

## **Задачи исследования:**

– исследовать особенности конструкции предохранительных клапанов прямого действия со сферической, конической и цилиндрической поверхностью запорно-регулирующего элемента, а также их основной принцип работы;

– исследовать влияние принципа соосности в устройствах клапанного типа с различными типами поверхностей;

– выполнить компьютерное моделирование работы клапанных устройств средствами САД-систем;

– провести сравнительный анализ и оценку влияния результатов исследования на конструктивные, эксплуатационные, технические и экономические показатели клапанных устройств.

**Объект исследования:** устройства клапанного типа с различной формой запорного элемента.

**Предмет исследования:** Принцип соосности поверхностей вращения второго порядка в конструкции устройств клапанного типа на основе компьютерного моделирования рабочих процессов САД-системами.

**Научная новизна** диссертации заключается в получении результатов анализа принципа соосности с различными типами поверхностей вращения второго порядка. Это 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.

**Магистерская диссертация** выполнена самостоятельно, проверена в системе «Антиплагиата». Процент оригинальности составил 73,19%. Заимствования, самоцитирования и цитирования обозначены ссылками на публикации, указанные в «Списке литературы».

**Основные положения, выносимые на защиту:**

1. Определение, классификация клапана и их применение для промышленного оборудования.
2. Практическая реализация принципа соосности поверхности в реальных конструкциях.
3. Функция, конструкция и принцип работы предохранительного клапана.
4. Анализ влияния принципа соосности поверхностей в конструкции устройств клапанного типа.
5. Компьютерное моделирование потока жидкости в предохранительном клапане с использованием САПР SolidWorks flowsimulation.
6. Компьютерное моделирование характеристики предохранительного клапана с использованием САПР SolidWorks FEM simulation.
7. Экономическое обоснование результатов исследования.

**Апробация диссертации и информации об использовании ее результатов:**

Результаты исследований, вошедшие в диссертацию, докладывались и обсуждались на 59-й научной конференции студентов, магистрантов и аспирантов БГУИР 2022; на «Инновационные технологии в инженерной графике: проблемы и перспективы : сборник трудов Международной научно-практической конференции, - 19 апреля 2023 г., г. Брест, Республика Беларусь, г. Новосибирск, Российская Федерация. - Новосибирск: НГАСУ (Сибстрин), – Брест: БрГТУ, 2023.

### **Публикации**

Основные положения работы и результаты диссертации представлены в статье в периодическом научном журнале.

### **Структура и объем работы**

Диссертация состоит из введения, общей характеристики работы, три главы с краткими выводами по каждой главе, заключения, библиографического списка и приложений.

В первой главе рассматриваются конструкции устройств отечественных и зарубежных аналогов, использующих клапанную систему регулирования, и их применение в различных областях промышленности. Вместе анализируется понятие соосности поверхностей, а также практическая реализация данного принципа в реальных конструкциях

Во второй главе представлена основные функции и принцип работы клапанной системы в устройствах данного типа. Результаты анализа соответствующих поверхностей и формообразование в конструкции запорно-регулирующих элементов клапанов, сравнение условий эксплуатации, преимущества и недостатки типовых конструкций. И результаты компьютерного моделирования конструкции предохранительного клапана с различными типами поверхностей запорно-регулирующих элементов

В третьей главе проведено расчёт и оценка показателей экономической эффективности замещения активов.

Общий объем диссертации составляет 78 страниц включая 39 иллюстраций, 6 таблиц, библиографический список из 25 наименований, список собственных публикаций соискателя из 2 наименования и 2 приложения.

## КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** рассмотрены важности предохранительных клапан системы на практике, а также влияние принципа соосности поверхности в реальных конструкциях. Применение САПР Solid Works для моделирования принципа работы системы.

В **первой главе** представлен обзор клапанной системы, их классификация по различным критериям, основанным на предполагаемом использовании каждого типа. Вместо определен понятие соосности поверхностей, а также практическая реализация данного принципа в реальных конструкциях. В этой главе представлен математические расчёты клапанной системы, чтобы определить размеры необходимого исследовательского клапанной системы. Анализируется САПР SolidWorks, позволяющей моделировать рабочие процессы реальных механизмов и аппаратов.

Во **второй главе** анализируется функции и принцип работы клапанной системы в устройствах данного типа. Анализируются соответствующие поверхности и формообразование в конструкции запорно-регулирующих элементов клапанов, сравнение условий эксплуатации, преимущества и недостатки типовых конструкций. Из этих результатов в сочетании с построением графика в среде САПР SolidWorks мы можем сделать следующие выводы:

1. Конические клапаны не имеют точек контакта, что может привести к более сложным проблемам с уплотнением и потребовать тщательного контроля соосности и плоскостности поверхности.
2. Шариковый клапан 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.
3. Шаровый клапан имеет высокую чувствительность, лучшую герметичность, чем другие клапаны, быстрое открытие и закрытие, простую конструкцию, простоту установки и эксплуатации. Поэтому шаровые клапаны часто используются в системах, где требуется быстрое регулирование потока, таких как водо-, нефте- и газопроводы.
4. Конические и тарельчатые клапаны чувствительны к перекосам и несоосности. Для обеспечения герметичности посадка клапана должна быть очень точной, так как седло клапана цилиндрическое, а окружность в сечении конуса будет только в том случае, если оно

перпендикулярно оси. У шариковых клапанов легче обеспечить герметичную посадку, так как ось отверстия будет пересекаться с осью шарика в его центре. Окружность в сечении шара будет всегда, когда он перпендикулярен оси отверстия.

5. Отклонение оси может снизить эффективность предохранительного клапана в контроле давления. Если отклонение оси слишком велико, предохранительный клапан может работать неправильно или вообще не работать.
6. Если предохранительный клапан не выровнен должным образом с системой, это может привести к утечкам или другим проблемам, влияющим на безопасность системы.

В **третьей главе** с помощью построения сетевой график, который вводит срок окончания работу – **60** дней. Рассчитана цена НИР, которая составила **4310,00** бел. руб. Рассчитан качественный уровень НИР.

В **заключении** сформулированы основные результаты диссертации.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

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.

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 клапанной системы. Следовательно, компьютерное моделирование работы устройств клапанного типа, а также исследование и анализ принципа соосности с различными типами поверхностей вращения второго порядка имеет важный прикладной характер, позволяет дать ряд практических рекомендаций, влияющих на динамические и статические характеристики данного типа устройств, а также эксплуатационные и технические показатели.

Средствами САПР SolidWorks FEM simulation проведено имитационное моделирование рабочего процесса на основании предварительно 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 эксплуатационные и технические характеристики устройства, а следовательно, на быстродействие, устойчивость и надёжность всей системы. Используя САПР SolidWorks для моделирования и анализа работы системы предохранительных клапанов, инженеры могут не только оптимизировать конструкцию для обеспечения надлежащего функционирования и эффективности клапана, но и обеспечить соответствие клапана необходимым стандартам и требованиям для безопасной эксплуатации в различных отраслях промышленности. Таким образом, анализ 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 ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ

1. До З.М., Гиль С.В. Исследование влияния соосности поверхностей средствами САПР solidworks на примере устройств клапанного типа. «Инновационные технологии в инженерной графике: проблемы и перспективы : сборник трудов Международной научно-практической конференции, - 19 апреля 2023 г., г. Брест, Республика Беларусь, г. Новосибирск, Российская Федерация. - Новосибирск: НГАСУ (Сибстрин), – Брест: БрГТУ, 2023 (в печати).

2. До, З. М. Анализ влияния принципа соосности поверхностей в конструкции устройств клапанного типа / До З. М. // Электронные системы и технологии : сборник материалов 59-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР, Минск, 17–21 апреля 2023 г. / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники ; редкол.: Д. В. Лихаческий [и др.]. – Минск, 2023. – С. 1044–1048.