



Министерство науки и высшего образования РФ

ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

ЗАОЧНОЕ ОТДЕЛЕНИЕ

ФАКУЛЬТЕТ ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ
И ТРАНСПОРТА

Кафедра Технологий и оборудование машиностроения

TOM

ОТЧЕТ
О ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПРАКТИКЕ
(проектно-конструкторской)

В организации: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пензенский государственный университет»,

Политехнический институт

Заочное отделение

Кафедра «Технологии и оборудование машиностроения»

Направление подготовки 15.04.05 Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств

Направленность (магистерская программа) – Технологии машиностроения,

Квалификация выпускника – магистр

Студент группы 213ММм1

Севостьянова Т.М.

Севостьянова Т.М.

Руководитель: к.т.н., доцент

Миронычев Н.А.

Миронычев Н.А.

001 / 22.03.2025

Пенза 2025

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ПЕНОБЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Кафедра «Технологии и оборудование машиностроения»

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой, к.т.н., профессор
Закорюков А.Е.
2025.

ЗАДАНИЕ

**на производственную практику
(ПРОЕКТИВНО-КОНСТРУКТОРСКОЮ)**

наименование 15.04.05 – Конструкторско-технологические аспекты машиностроительного производства
направленность (магистерская программа) ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ

студенту Севостьянов Т.М. гр. 2120401

А Тема производственной практики (проектно-конструкторской)

Анализ актуальности и задач исследований при конструировании топливных, газоразрядных элементов; обзор теоретических и экспериментальных исследований по тематике магистерской диссертации.

Б Изучение материалов на тематику производственной практики (проектно-конструкторской)

Аналитический обзор конструкторских чертежей высокой сложности, сборочных единиц. Назначение технических требований.

Изучение методов расчета размеров деталей.

Ознакомление с нестандартными производственными обозначениями, обозначениями, инструментами и средствами измерения.

Анализ и изучение чертежей конструкций высокой сложности. Определение технических условий и требований.

Изучение методов изготовления изделий, доступности к ресурсу создаваемых изделий конструкторскими и технологическими методами.

Изучение работ конструкторской документации.

В Проведение проектно-конструкторских работ

Изучение типовых и групповых технологических процессов, единичных технологических процессов изготовления деталей высокой сложности, технологических схем сборки, разработка наружной и внутренней технологии сборки изделий высокой сложности.

Г Составление отчета по материалам производственной практики (проектно-конструкторской)

Подготовка, комплектование, обработка и раскладка образованных материалов.

Оформление материалов в виде отчета. Подготовка и комплектование документации для размещения в приложениях к отчету и включение в ВКР.

Написание отчета о производственной практике (проектно-конструкторской). Соблюдение и публикация защиты выполненной работы.

Д Формы и место проведения производственной практики (проектно-конструкторской)

Для формирования универсальных, общеразвивающих и профессиональных компетенций, обучающихся приравненные во время проведения производственной практики (проектно-конструкторской) могут быть использованы следующие виды работ:

- самостоятельная работа обучающихся с использованием проектно-конструкторского, проектно-технологического, производственного методов;
- участие в работе производственных конструкторских и технологических комитетов на кафедре, предприятии;

Место проведения производственной практики (проектно-конструкторской) может быть ПГУ или определяться договором между предприятием и ФГБОУ ВО ПГУ. В случае согласия администрации обучающихся проводят практику по месту своей работы.

Отчет о производственной практике (проектно-конструкторской) в письменной форме (по ГОСТ 7.32-2017)

Список использованных источников (по ГОСТ Р 7.0.150-2018 (аналог) или ГОСТ Р 7.0.15-2008 (аналог))

Примечание:

Письменный отчет оформляется на 14...18 страниц (по ГОСТ 2.105-2019, ГОСТ 2.106-2019)

Зачет с оценкой во втором семестре

Дата выдачи задания 18.03.2025
Руководитель практики

Задание выдал
Задание принял

Севостьянов *Севостьянов*

ИНДИВИДУАЛЬНЫЙ ПЛАН ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПРАКТИКИ (проектно-конструкторской)

Магистра 2 курса механического отделения политехнического института ПГУ,
кафедры Технологии и оборудование машиностроения

СЕВОСТЬЯНОВОЙ Татьяны Михайловны

Место прохождения практики: ПГУ, каф. "Технологии и оборудование машиностроения"

Сроки практики: с «10» по «22» марта 2025 г. Руководитель: к.т.н., доц. каф. "ТОМ" Миронович Н.А.

Дата (период)	Содержание планируемой работы	Отметка руководителя и выполнения
10.03...12.03.2025	Аналитический обзор конструкции изделий высокой сложности, сборочных единиц. Назначение технических требований.	<i>Вс</i>
12.03...14.03.2025	Изучение методов расчета размерных цепей.	<i>Вс</i>
14.03...15.03.2025	Ознакомление с нестандартным производственным оборудованием, оснащением, инструментами и средствами измерения.	<i>Вс</i>
15.03...17.03.2025	Анализ и изучение прогрессивных конструкций изделий высокой сложности. Определение технических условий и требований.	<i>Вс</i>
17.03...18.03.2025	Изучение методов повышения надежности, долговечности и ресурса создаваемых изделий конструкторскими и технологическими методами.	<i>Вс</i>
18.03...19.03.2025	Изучение рабочей конструкторской документации.	<i>Вс</i>
19.03...20.03.2025	Изучение типовых и групповых технологических процессов, единичных технологических процессов изготовления деталей высокой сложности.	<i>Вс</i>
20.03...21.03.2025	Изучение технологических схем сборки, разработки маршрутной и операционной технологии сборки изделий высокой сложности.	<i>Вс</i>
21.03...22.03.2025	Написание и сдача отчета о производственной практике (проектно-конструкторской)	<i>Вс</i>

Руководитель _____ *Миронович Н.А.* к.т.н., доцент каф. «ТОМ»

Дата « 22 » 03 2025 г.

**ДНЕВНИК
ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПРАКТИКИ
(проектно-конструкторской)**

Магистры 2 курса заочного отделения политехнического института ПГУ,
кафедры Технологии и оборудования машиностроения

СЕВОСТЬЯНОВОЙ Татьяны Михайловны

Место прохождения практики: ПГУ, каф. "Технологии и оборудование машиностроения"

Сроки практики: с «10» по «22» марта 2025 г.

Руководитель: к.т.н., доц. каф. "ТОМ" Мironychev N.A.

Дата (период)	Содержание производственной работы	Оценка руководителем от практики и выполнения
10.03...12.03.2025	Аналитический обзор конструкций изделий высокой сложности, сборочных единиц. Написание технических требований.	Вс
12.03...14.03.2025	Изучение методик расчета размерных цепей.	Вс
14.03...15.03.2025	Ознакомление с нестандартным производственным оборудованием, оснащением, инструментами и средствами измерения.	Вс
15.03...17.03.2025	Анализ и изучение прогрессивных конструкций изделий высокой сложности. Определение технических условий и требований.	Вс
17.03...18.03.2025	Изучение методов повышения надежности, долговечности и ресурса создаваемых изделий конструктивными и технологическими методами.	Вс
18.03...19.03.2025	Изучение рабочей конструкторской документации.	Вс
19.03...20.03.2025	Изучение типовых и групповых технологических процессов, единичных технологических процессов изготовления деталей высокой сложности.	Вс
20.03...21.03.2025	Изучение технологических схем сборки, разработки маршрутной и операционной технологии сборки изделий высокой сложности.	Вс
21.03...22.03.2025	Написание и сдача отчета о производственной практике (проектно-конструкторской)	Вс

Руководитель: _____ /Мironychev N.A./, к.т.н., доцент каф. «ТОМ»

Дата: «10» _____ марта 2025 г.

Пензенский государственный университет

ОТЧЕТ руководителя практики

о проведении производственной практики (проектно-конструкторской)

обучающихся 2 курса заочной формы обучения политехнического института ПГУ факультета промышленных технологий, электроэнергетики и транспорта направления подготовки 15.04.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств направленности (программы магистратуры) Технология машиностроения

Практика проходила с 10.03.2025 по 22.03.2025.

Во время проведения практики внимание руководителя было обращено на следующие моменты:

- количество обучающихся, направленных на практику - 1

- задачи на практику:

1 Анализ направлений развития технологии, аналогов, данных патентного поиска;
2 Определение новизны, актуальности и задач исследований при конструировании задвижек, запорных клапанов, шаровых кранов;

3 Изучение теоретических и экспериментальных исследований по тематике магистерской диссертации;

- практика прошла успешно на кафедре "Технологии и оборудование машиностроения";

- обучающаяся работает по специальности во время практики;

- обучающаяся выполнила программу практики;

- организацию и проведение практики следует использовать с целью приобретения опыта работы непосредственно на месте конструктора;

- результаты практики и материалы должны соответствовать теме ВКР магистра.

Результаты практики

Группа	Количество обучающихся в группе	Количество обучающихся, прошедших практику в организациях г. Пензы и Пензенской области	Количество обучающихся, прошедших практику в других регионах	Количество обучающихся, прошедших практику в структурных подразделениях университета	Количество обучающихся, не выполнивших программу практики
233ММЫ1	1	-		1	-

(зачет с дифференцированной отметкой)

Группа	Количество обучающихся, получивших отметку			
	«отлично» 5	«хорошо» 4	«удовлетворительно» 3	«неудовлетворительно» 2 (Фамилии обучающихся)
233ММЫ1	1			

Руководитель практики _____ /Миронович Н.А./,

доцент каф. Технологии и оборудование машиностроения

Отчет утвержден на заседании кафедры Технологии и оборудование машиностроения

Протокол заседания от _____. 20 ____ № _____

Заведующий кафедрой _____ /Зверовщиков А.Е./

РЕФЕРАТ

Севостьянова Т.М. Анализ актуальности и задач исследований при конструировании задвижек, запорных клапанов; обзор теоретических и экспериментальных исследований по тематике магистерской диссертации.

Отчет по производственной практике (проектно-конструкторской)

Отчет: 30 с., 10 табл., 18 рис., 15 библиогр. назв.

ЗАПОРНАЯ АРМАТУРА, КЛИНОВАЯ ЗАДВИЖКА, ГЕРМЕТИЧНОСТЬ, РАЗМЕРНАЯ ЦЕПЬ, ИЗМЕНЕНИЯ КОНСТРУКЦИИ, НАГРУЗКИ, УСЛОВИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Объект – трубопроводная арматура, клиновые задвижки.

Цель – анализ сборочной и технологической цепи клиновой задвижки, методов исследования эксплуатационных характеристик конструкции.

Выполнен обзор литературных источников, интернет ресурсов, патентной информации, научных и научно-технических статей и публикаций открытой печати.

Проведен краткий анализ найденной информации по точности, герметичности и надежности клиновых задвижек. Особое внимание уделено надежности и герметичности задвижек на стадии испытаний и эксплуатации.

Материалы отчета послужат основой для аналитического и конструкторского разделов выпускной квалификационной работы магистра и публикационной деятельности на завершающей стадии обучения.

Объект разработки: элементы клиповой задвижки, герметичность.

Цель работы – анализ конструкторских и технологических возможностей обеспечения заданной герметичности и точности при контакте запорного элемента и седла трубопроводной арматуры. Изучение критериев точностных параметров пары запорный элемент-седло на стадии конструирования.

Результаты производственной практики (проектно-конструкторской)

Выполнен обзор литературных источников, интернет ресурсов, патентной информации, методических указаний и рекомендаций по запорной арматуре промышленных предприятий.

Проведен анализ полученной информации, международных и российских стандартов, а также патентов по конструированию клиновых задвижек, обеспечению точности, герметичности и надежности срабатывания при заперении во время эксплуатации.

Новизна исследований

Изучены проблема и актуальность задачи обеспечения заданного уровня герметичности запорных элементов в клиновых затворах.

Исследован физико-механический механизм при контакте подвижного запорного элемента-клина с седлом затвора.

Представлен обзор современной технической информации проектировщиков запорной арматуры.

Проведен анализ результатов испытаний конструкции клиновых затворов в реальных условиях эксплуатации.

Степень внедрения – материалы производственной практики (проектно-конструкторской) будут использованы при подготовке и написании выпускной квалификационной работы магистра.

СОДЕРЖАНИЕ

	стр.
ВВЕДЕНИЕ.....	8
1 Задвижки.....	9
1.1 Функциональные и конструктивно-эксплуатационные свойства и признаки.....	9
1.2 Конструктивные исполнения затвора клиновых задвижек.....	14
1.3 Условия эксплуатации задвижек.....	18
2 Анализ характера контактного взаимодействия уплотнений клинового затвора при эксплуатации.....	24
3 Напряжения и деформации элементов затвора.....	27
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	29
Список использованных источников.....	29

ВВЕДЕНИЕ

Повышенная надежность и высокий класс герметичности трубопроводной арматуры в системах АЭС, ТЭС, в газо- и нефтепроводах обеспечивают безаварийную работу и способствуют снижению риска возникновения техногенных аварий и катастроф.

Проектирование запорной арматуры, отвечающей жестким требованиям эксплуатации и отвечающей спецификации конструкторской документации, непрерывно совершенствуется и качественно поднимает продукцию на более высокий уровень.

Разработка новых и совершенствование изготавливаемых конструкций, применение новых материалов, технологий, систем автоматизированного проектирования и производства способствуют созданию более технологичных, экономичных, экологичных и безопасных изделий.

Пензенские предприятия, связанные с проектированием, изготовлением, реализацией, ремонтом и обслуживанием трубопроводной арматуры пользуются заслуженным авторитетом надежного поставщика высокотехнологичных задвижек, шаровых кранов, клапанов и другой аппаратуры.

Растущий спрос на продукцию предприятий арматуростроения заставляет совершенствовать конструкцию выпускаемой продукции, использовать перспективные технологии, создавать высокопроизводительные образцы технологического оборудования для производства и измерительные приборы для контроля рабочих параметров.

Целью производственной практики (проектно-конструкторской) является получение практических навыков анализа существующих конструкций; использования методик, программ и технических средств проектирования; расчета параметров новых конструкций, оптимизации технических характеристик. Изучения возможностей нового оборудования и средств контроля изделий, участия в проведении испытаний и составлении технических отчетов.

1 Задвижки

1.1 Функциональные и конструктивно-эксплуатационные свойства и признаки

По совокупности эксплуатационных свойств, характеризующих использование по назначению, задвижки относятся к классу запорной арматуры. Они предназначены для полного, в отдельных случаях и частичного, перекрытия (запирания) потоков газообразных, жидких, пульсообразных и сыпучих материалов, транспортируемых по трубопроводам.

Функциональной особенностью задвижек, отличающих их от других типов запорной арматуры, является динамика работы запорного органа при перекрытии транспортируемого потока. У задвижек запирание осуществляется при поступательном перемещении запорного органа перпендикулярно направлению движения транспортируемого потока. Эта особенность обусловила одно из важнейших достоинств задвижек перед другими типами запорной арматуры - низкий коэффициент гидравлического сопротивления (ξ) проточной части.

Для различных конструктивных исполнений задвижек гидравлическое сопротивление колеблется в диапазоне $\xi = 0,08 \dots 0,2$, что значительно ниже, чем у других типов запорной арматуры (кроме шаровых кранов). У запорной арматуры клапанного типа $\xi = 2,0 \dots 5,0$ и более.

Задвижки получили широкое распространение и применяются успешно в трубопроводных системах с диаметром условного прохода DN от 15 мм до DN 2000 мм и условным давлением PN от глубокого вакуума до сотен атмосфер избыточного давления.

Потенциальные возможности широкого использования задвижек в трубопроводных системах различного функционального назначения привели к развитию их качественных конструктивных и технологических характеристик и свойств.

Задвижки изготавливаются как полнопроходными, так и суженными (рисунок 1.1). У полнопроходных диаметры внутренних отверстий присоединительных патрубков (DN) соответствуют диаметру проходного отверстия проточной части корпуса (D) задвижки, то есть $D/DN = 1$. У суженных задвижек диаметр проходного отверстия проточной части корпуса меньше внутренних патрубков, при этом соотношение $D/DN < 1$. Это приводит к возрастанию гидравлического сопротивления и, следовательно, к ухудшению эксплуатационных свойств задвижек.

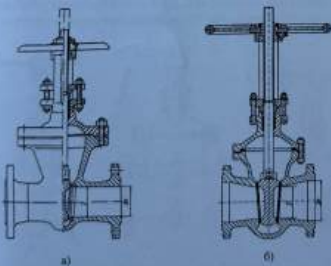


Рисунок 1.1 - Задвижки клиновые: а) полнопроходная $\frac{D}{DN} = 1$; б) суженная $\frac{D}{DN} < 1$

В зависимости от характера встраивания задвижек в трубопроводную систему они изготавливаются или фланцевыми, или бесфланцевыми (рисунок 1.2). Фланцевые устанавливаются на трубопровод и скрепляются с соответствующими фланцами труб с помощью болтов, шпилек и гаек. Бесфланцевые задвижки соединяются с трубопроводом с помощью сварки, образуя сварное соединение.

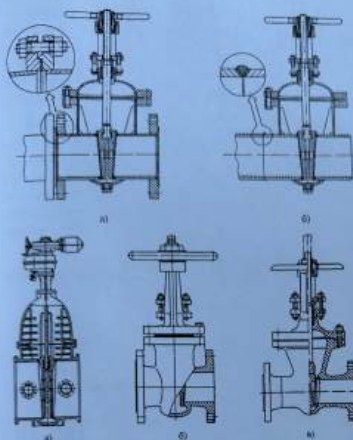


Рисунок 1.3 – Задвижки клапанные: а) с фланцевым присоединением; б) с присоединением под давлением.

Возможность использования задвижек в эксплуатационной системе во многом зависит от материала, из которого изготовлены корпусные детали. Материал определяет прочностные, коррозионные, износные и другие свойства задвижек (рисунок 1.3). В настоящее время задвижки изготавливают из чугуна, стали, цветных материалов, различных сплавов, плакированные химически и износостойкими материалами.

Рисунок 1.3 – Задвижки клапанные: а) чугунная с внутренними ребрами жесткости; б) бронзовая; в) стальная без ребер жесткости.

Технологический способ получения заготовок корпусных деталей оказывает чрезвычайно большое влияние на выходные свойства арматуры, её показатели качества, такие как прочность, гидравлическая плотность материала, определяющая внешнюю герметичность, долговечность, весовые характеристики и т.д. Для задвижек корпусные детали получают литьем, ковкой, сваривают из проката или из штампованных заготовок (рисунок 1.4).

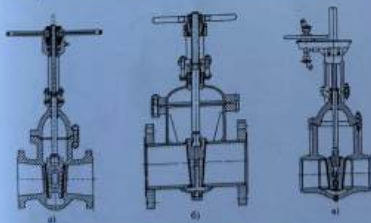


Рисунок 1.4 – Задвижки клапанные: а) корпусные детали литые; б) корпусные детали сварные и штампованные; в) корпусные детали из поковок.

Большое значение для эксплуатации задвижек имеет место расположения ходового узла (шпинделя или гайки шпинделя) внутри или вне полости корпуса, погружен ли он в рабочую среду или находится вне ее. По этому признаку задвижки подразделяются на конструкции с выдвижным и невыводным шпинделем (рисунки 1.5 и 1.6). У первых ходовая резьба шпинделя и гайки находится вне полости задвижки, у вторых - внутри.

Нормальная работа резьбовой пары шпindel - ходовая гайка может протекать при постоянном наличии смазки и систематическом техническом обслуживании. Это выполнимо в том случае, если ходовой узел доступен для технического обслуживания. В задвижках с невыдвижным шпинделем абразивных частиц рабочей среды, если она засорена. В связи с этим задвижки с невыдвижным шпинделем имеют ограниченное применение.

Они применимы для трубопроводов, по которым транспортируются минеральные масла, нефть, вода и т.д., не засоренные твердыми примесями и не имеющие коррозионных свойств. Поскольку в задвижках с невыдвижным шпинделем затруднены наблюдение и уход за ходовым узлом, они не рекомендуются для ответственных объектов. Задвижки с невыдвижным шпинделем имеют меньшую строительную высоту, что делает целесообразным их применение для подземных коммуникаций, колодцев, в качестве фонтанной арматуры для установки на «откал» нефтяных скважин и т.д.

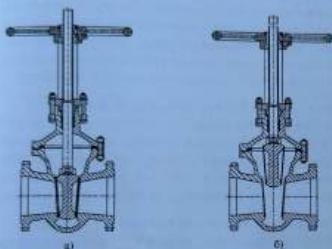


Рисунок 1.5 – Задвижка клиновидная с невыдвижным шпинделем $H = \text{нет}$: а) положение «закрыто»; б) положение «открыто».

С точки зрения обеспечения внутренней герметичности в затворе и сохранения её во времени большое значение придается геометрической форме корпуса задвижки.

Поперечное сечение корпуса задвижки может иметь вид прямоугольника, овала

или круга. Такое же сечение, как правило, имеет и соответствующая крышка.

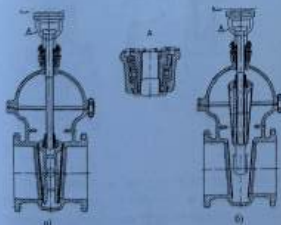


Рисунок 1.6 – Задвижка клиновидная с невыдвижным шпинделем $H = \text{есть}$: а) положение «закрыто»; б) положение «открыто».

Под действием внутреннего давления среды стенки плоских и овальных корпусов и крышек начинают выпучиваться, приближаясь к форме цилиндра, которая более благоприятна для восприятия внутреннего давления. Плоские и овальные формы сечения корпусов используются лишь для арматуры, работающей при небольших давлениях. Можно примерно считать, что задвижки с плоским корпусом применяются при давлении до

$P_N = 0,4$ МПа, чугунные задвижки с овальным корпусом - при давлении до $P_N = 1,0$ МПа, стальные - до $P_N = 1,6$ МПа. При больших давлениях применяются задвижки скрученным сечением корпуса [2,3].

Применяются задвижки, у которых верхняя горловина корпуса выполнена в виде полусферы и при соединении с крышкой образуют внутреннюю полость по форме близкой к шаровой.

Указанные выше деформации не оказывают существенное влияние на прочностные характеристики задвижек, но чрезвычайно важны для обеспечения и сохранения точности угловых размеров затвора и точности формы его уплотнительных поверхностей, что связано с жесткостью конструкции.

Для увеличения жесткости плоских и овальных корпусов и крышек они снабжаются ребрами жесткости. Задвижки с круглым корпусом ребер не имеют. Ребра располагают как внутри, так и снаружи. Изготовление внутренних ребер технологически несколько сложнее, чем наружных. В наружных ребрах, расположенных вдоль длинной стенки поперечного сечения корпуса, под действием давления среды создаются напряжения растяжения, но внутренние - напряжения сжатия.

Допускаемые напряжения сжатия для чугуна значительно больше допускаемых напряжений растяжения, поэтому чугунные задвижки с внутренними ребрами при тех же размерах и условиях работы прочнее, чем задвижки с наружными ребрами; в силу этого чугунные задвижки стараются снабжать ребрами, расположенными внутри (см. рисунок 1.4). Для стальных задвижек расположение ребер снаружи или внутри равнозначно для прочности, поэтому их чаще выполняют с наружными ребрами, изготовление которых более технологично, или без них.

В задвижках используется ручной привод, электрический (рисунок 1.7), находят применение (ограниченно) поршневые - гидравлический или пневматический. Для уменьшения усилия на маховике ручного привода используют редуктор с червячной, конической или цилиндрической зубчатой передачей. Приводы электрический и гидравлический (пневматический) имеют ручной дублер управления для того, чтобы была возможность управлять задвижкой при отсутствии электрической энергии или давления в системе управления поршневым приводом.

Задвижки с большими условными диаметрами прохода и при больших давлениях рабочей среды для снижения усилия, необходимого при открывании задвижки, а также уменьшения вероятности возникновения гидравлического удара в системе снабжаются наружным обводом. Все

задвижки снабжаются сальниковым уплотнением шпинделя, чтобы обеспечить нормальную работу задвижки. На задвижках с малыми условными диаметрами прохода, работающих на коррозионных и абразивных средах, имеются попытки применить сальфоны из пластмассы.

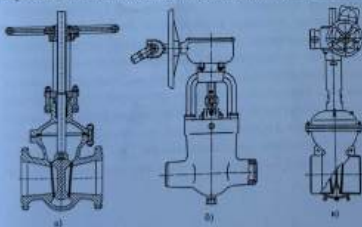


Рисунок 1.7 - Задвижки клапанные: а) с ручным приводом; б) с коническим редуктором и возможностью дистанционного управления; в) с электроприводом и ручным дублером.

Задвижки, так же как и вентили, часто снабжаются верхним уплотнением для отключения камеры сальника от полости задвижки, что позволяет произвести замену сальниковой набивки, не сбрасывая давление в трубопроводе.

Для абразивно-коррозионных сред, например, в электрометаллургии, применяются задвижки, у которых клин и внутренняя полость корпуса и крышки облицованы кислотостойкой резиной (гуммированные).

В процессе эксплуатации арматуры часто бывает необходимо знать, в каком положении затвор (открыт или закрыт запорный орган - и какова степень открытия. Для этой цели задвижки (и другие типы арматуры) снабжают указателем подъема затвора. Указатель может иметь линейную или круговую шкалу.

При управлении задвижками на шпинделе возникают значительные осевые усилия, воспринимаемые бургом шпинделя или гайки. В опоре возникают большие моменты трения, для снижения которых предусматривают подшипники качения. Этим значительно снижается требуемая мощность привода, необходимая для управления задвижкой [2].

Основные параметры задвижек регламентированы ГОСТ 9698-86, который распространяется на $DN = 15...2000$ мм; $PN 0,16...25,0$ МПа при температуре рабочей среды до 838 К (565°C).

Имеющиеся в настоящее время классификации промышленной трубопроводной арматуры, в том числе и задвижек, разработаны на основе использования совокупности функциональных, конструктивных, технологических классификационных признаков без четко выраженной связи с эксплуатационными характеристиками. Это затрудняет восприятие арматуры как элемента крупной эксплуатационной системы, выполняющего определенные функции и имеющего совокупность свойств, обеспечивающих ее использование по назначению. На рисунке 1.8 представлена классификация задвижек, в которой конструктивные признаки формируют эксплуатационные свойства арматуры.

В представленной классификации конструктивные исполнения порождают внешние характеристики задвижек и раскрывают следующие из них эксплуатационные свойства, выражаемые через классификационные признаки.

Первый классификационный признак дает качественное представление о гидравлическом сопротивлении проточной части задвижки (см. рисунок 1.1); второй классификационный признак позволяет качественно оценить характер монтажа задвижки в трубопроводной системе (см. рисунок 1.2); третий - характеризует условия использования задвижек, связанные с параметрическими свойствами транспортируемых по трубопроводу сред (химическую активность, температуру, давление и т.д.) (см. рисунок 1.3); четвертый классификационный признак дает возможность качественной оценки таких свойств задвижек, как прочность, гидравлическая плотность (внешняя герметичность), масса, долговечность, коррозионную стойкость и т.д. (см. рисунок 1.4); пятый классификационный признак свидетельствует об уровне автоматизации управления работой задвижек (см. рисунок 1.5); шестой классификационный признак дает представление о габаритных размерах и долговечности механизма управления и перемещения затвора (см. рисунки 1.6 и 1.7); седьмой классификационный признак качественно характеризует условия обеспечения базового показателя качества - герметичности затвора, его ресурс и уровень универсальности использования в зависимости от параметрического состояния транспортируемых сред. На рисунке 1.9 проиллюстрирован этот классификационный признак.

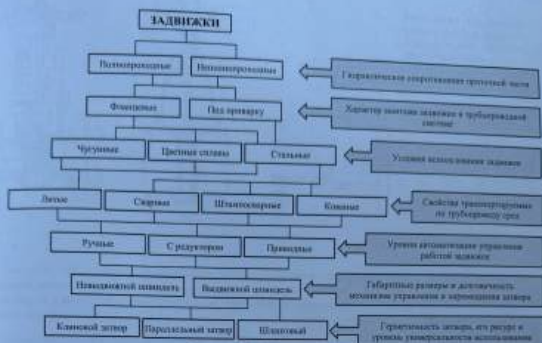


Рисунок 1.8 - Классификация задвижек

Клиновой затвор наиболее универсален по применению для различных сред, имеющих высокие давление, температуру, химическую активность и т.д. Параллельный затвор используется более ограниченно и в основном для небольших давлений, шланговый ограничен в применении и используется для загрязненных сред в ограниченном диапазоне температур.

Вся эта совокупность классификационных признаков, взаимосвязанная и выраженная в виде классификации уже на первом этапе анализа, позволяет сделать необходимые акценты при выборе арматуры и последующем ее техническом обслуживании и ремонте.

1.2 Конструктивные исполнения затвора клиновых задвижек

Наибольшее распространение в промышленности получили клиновые задвижки. Свое наименование они получили от конструктивного исполнения узла затвора, выполненного в виде клина, на полуплоскостях которого располагаются две уплотнительные поверхности корпуса задвижки и две уплотнительные поверхности запорного органа (рисунок 1.10). При контактом взаимодействии четырех уплотнительных поверхностей обеспечивается герметизация затвора.

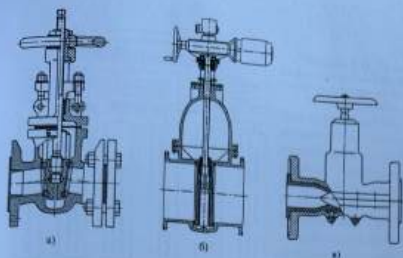


Рисунок 1.9 – Задвижки: а) с клиновым затвором; б) с клиновым затвором; в) с параллельным затвором; г) с шаровым затвором.

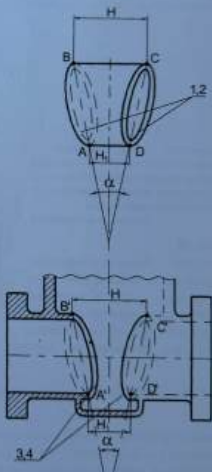
Рисунок 1.10 – Элементы клинового затвора задвижки: а) – затворный орган (клин); б) – корпус задвижки; 1,2 – уплотнительные поверхности клина; 3,4 – уплотнительные поверхности клиновой полости корпуса.

Величина угла при вершине клина α оказывает большое влияние на эксплуатационные свойства задвижек. К настоящему времени найдено наиболее оптимальное значение номинального угла при вершине клина ($\alpha/2 = 5^\circ$ или $\alpha = 10^\circ$).

Несмотря на стремление обеспечить работу затвора в режиме отсутствия самоторможения, то есть выполнить условие $\mu_k < \tan \alpha$, где μ_k – коэффициент трения, на практике, в условиях эксплуатации, коэффициент трения больше, поэтому клиновые задвижки работают при самотормозящемся клине.

Одним из главных достоинств клиновых задвижек является меньшее по сравнению с параллельными задвижками усилие управления затвором при обеспечении его герметичности. Это эксплуатационное свойство порождает уменьшение мощности приводных устройств, с одной стороны и значительные технологические проблемы получения высокоточного клинового соединения, с другой.

Эти технологические сложности побудили разработчиков арматуры вести работу по созданию клиновых задвижек различных конструкций, обладающих меньшими проблемами при подгонке клиновой пары "корпус – затворный орган". Как результат этой работы на рисунке 1.11 представлена классификация клиновых задвижек, в основу которой положены классификационные признаки, характеризующие способность конструкции расширить технологические возможности производителей при изготовлении клинового затвора, а также потребителей для последующего его технического обслуживания и ремонта. Эти технологические возможности связаны, в первую очередь, с обеспечением точности угловых размеров клиновой камеры корпуса и затворного органа (клина).



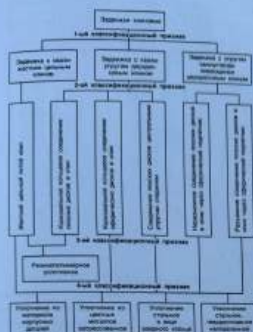


Рисунок 1.11 – Классификация клиновых задвижек по конструктивно-технологическим свойствам, достигая точности соединения затвора

В представленной классификации первый классификационный признак дает порочную качественную оценку клинового затвора по его способности к нейтрализации вредного влияния угловых погрешностей элементов клинового соединения, образованных в процессе их изготовления, на работоспособность задвижки. Рисунок 1.12 дает наглядное представление о клиновом затворе с использованием квазижесткого (условно принято жестким) цельного клина, квазиупругого (условно принято упругим) клина и упругого самоустанавливающегося двухдисксового клина.

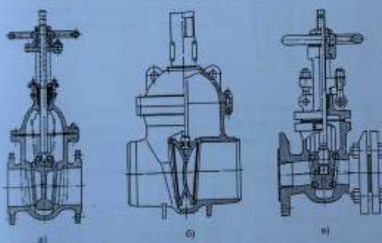


Рисунок 1.12. Клинзовые задвижки: а) с квазижестким цельным клином; б) с квазиупругим двухдисксовым клином; в) с упругим самоустанавливающимся двухдисксовым клином

Второй классификационный признак дает информацию о характере конструкторских решений упругого элемента клинового соединения, за счет которого

может осуществляться нейтрализация вредного влияния угловых погрешностей элементов клинового соединения на работоспособность затвора.

На рисунках 1.13 и 1.14 даны примеры конструктивного исполнения запорного органа, обладающего квазиупругостью.

Третий классификационный признак показывает, что нейтрализация вредного влияния угловых погрешностей клинового соединения может быть осуществлена за счет упругих свойств материала уплотнения. Следует обратить внимание, что упругие свойства резино-полимерных материалов компенсируют также и другие погрешности поверхностей уплотнений (неплоскостность, некрутость, огранку, волнистость, а в некоторых случаях и шероховатость).

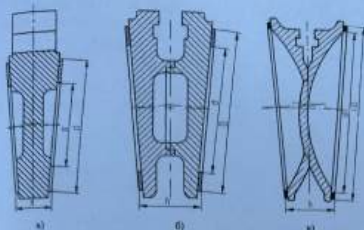
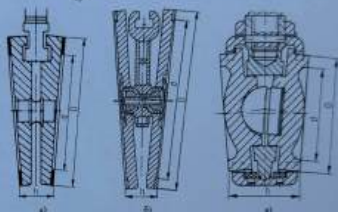


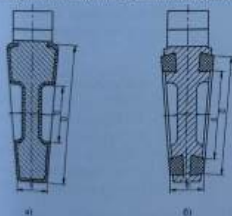
Рисунок 1.13 – Запорный орган (клин) клинковой задвижки: а) без компенсационной способности; б) максимальное соединение из плоских дисков с незначительной компенсационной способностью; в) композиция соединений из сферических дисков с незначительной компенсационной способностью

Рисунок 1.14 – Запорный орган (клин) клинковой задвижки с высокой компенсационной способностью: а) с угловым погрешностям соединения; б) с центральным штифтом; в) со сферическим подпятником; г) со сферическим подпятником разъемным.



Только следует иметь в виду, что резинопolyмерные материалы могут компенсировать погрешности поверхностей уплотнений определенного количественного уровня. На рисунке 1.15 представлены конструктивные исполнения затворов с резинопolyмерными уплотнениями.

Рисунок 1.15 – Клинья с резинопolyмерными уплотнениями: а) цельный обрешивный; б) с полимерными уплотнительными кольцами.



Четвертый классификационный признак объединяет конструктивные исполнения уплотнений клинкового соединения затворов, не обладающих какими-либо свойствами нейтрализации вредного влияния угловых погрешностей элементов клинкового соединения. На рисунке (таблице) 1.16 представлены конструктивные исполнения уплотнений клинкового затвора, которые не обладают свойствами компенсации угловых погрешностей.

В клинковых задвижках уплотнительные кольца запорного органа работают в более сложных условиях, чем в клапанах. При открывании и закрывании запорного органа задвижки имеет место трение уплотнительных колец затвора об уплотнительные кольца седла корпуса, что вызывает их изнашивание. В клинковых задвижках по мере изнашивания клин в корпусе опускается, причем в связи с малым углом между плоскостями клина даже небольшое уменьшение его толщины вызывает значительное опускание клина в корпусе.

Таблица 1.1 – Уплотнения клинового затвора без компенсационной способности к угловым погрешностям.

Уплотнения	Эскиз	Область применения
Изготовлено заодно с корпусом и затвором (клином)		Стальные, чугунные, бронзовые задвижки для сред, не действующих химически на материал деталей
В корпусе посажено на "ус", в клине - на "ласточкин хвост"		Кольца медных сплавов из коррозионно-стойкой стали для задвижек для воды, пара.
В корпусе посажено на наружный конус, в клине - на "ласточкин хвост"		Стальные задвижки для воды, пара и других нейтральных сред
В корпусе закреплено развальцовкой или чеканкой, в клине - чеканкой		Задвижки для пара, воды, нефтепродуктов, газа
В корпусе и на клине наплавлено		Задвижки для пара с высокими параметрами

При повторной притирке в процессе ремонта клин опускается еще больше. В связи с этим обстоятельством ширину кольца клина необходимо делать больше ширины кольца корпуса, а начальную посадку клина в корпусе осуществлять при наиболее высоком его положении. При этом перекрытие уплотнения должно быть не менее половины меньшей ширины кольца. Ремонт перекрытия уплотнения в задвижках труднее осуществить, чем в клапанах, поэтому к конструкции и выбору материала деталей запорного органа задвижек подходят более внимательно - во избежание частых ремонтов и быстрого выхода уплотнительных колец из строя.

1.3 Условия эксплуатации задвижек

Условия работы арматуры определяются большим числом факторов: рабочим давлением среды, рабочей температурой, физическими и химическими свойствами рабочей среды, колебаниями давления и температуры, периодичностью выполнения циклов срабатывания или переключений, типом привода, местонахождением на открытом месте или в закрытом помещении, климатическими условиями и др. При высоких давлениях рабочей среды имеют большие значения усилия и

моменты, необходимые для управления арматурой, усложняются условия для обеспечения герметичности запорного органа арматуры, сальникового узла и прокладочных соединений. Большие скорости рабочей среды в седле, вызванные значительными перепадами давлений и уплотнительных колец.

Высокая температура создает особо сложные условия для работы деталей. Материалы должны быть теплоустойчивыми, предел прочности на растяжение, предел ползучести, а также предел эксплуатации арматуры. В арматуре ответственных установок материал деталей должен обладать не только статической, но и цикловой прочностью.

Колебания давления и температуры создают условия для разуплотнения фланцевых соединений. Периодическое повышение температуры вызывает пластическую деформацию прокладок в связи с временным увеличением затяжки болтов и шпилек. При снижении температуры затяжка прокладок оказывается недостаточной и прокладочное соединение теряет герметичность.

Колебания давления и температуры оказывают специфическое влияние и на свойства стали, вызывают старение, снижение пластичности, механических свойств и цикловой прочности.

Рабочие давления равны условиям для арматуры из углеродистой стали при рабочей температуре среды от 0 до 200°C, для арматуры из чугуна, бронзы и латуни - при рабочей температуре среды от 0 до 120°C. При повышении рабочей температуры допускаемое рабочее давление снижается в зависимости от материала корпусных деталей арматуры. В ГОСТ 356-80 предусмотрены температурные ступени, в пределах которых рабочее давление по мере повышения температуры снижается (таблицы 1.2... 1.6)

Рабочие давления, приводимые в таблицах для температур, при которых имеет место ползучесть металла, соответствуют ресурсу 10⁵ ч. Для промежуточных значений температуры среды рабочие давления определяются линейной интерполяцией между двумя соседними значениями. Марки стали, обозначенные в таблицах звездочкой, следует применять по нормативно-технической документации. Допускается применять стали других марок с механическими свойствами и характеристиками прочности, обеспечивающими эксплуатацию арматуры и деталей трубопровода в пределах давлений и температур, указанных в таблицах.

Таблица 1.2 - Рабочее давление (pp) арматуры и деталей трубопровода из углеродистой стали марок Ст3, стальной марок 10, 20, 25, 20Л и 25Л, мартеновских и крикомартеновских сталей марок 15ГЦ*, 20ГЦЛ*, 16ГЦ, 17ГЦ, 09Г2Л по ГОСТ 356-80

P_N (P_n)	P_{02}	$P_{гн}$ МПа, при наибольшей температуре среды, °C									
МПа		200	250	300	350	400	425	435	445	455	
0,10	0,2	0,10	0,09	0,08	0,07	0,06	0,05	0,05	0,04	6	
0,16	0,3	0,16	0,14	0,12	0,11	0,09	0,08	0,08	0,06	6	
0,25	0,4	0,25	0,23	0,19	0,17	0,15	0,13	0,11	0,10	0,09	
0,40	0,6	0,40	0,35	0,30	0,26	0,23	0,20	0,18	0,16	0,14	
0,63	0,9	0,60	0,54	0,48	0,40	0,37	0,32	0,28	0,25	0,23	
1,0	1,5	1,0	0,90	0,75	0,66	0,58	0,50	0,45	0,42	0,36	
1,6	2,4	1,6	1,4	1,2	1,1	0,9	0,8	0,7	0,62	0,57	
2,5	3,8	2,5	2,3	1,9	1,7	1,5	1,3	1,1	1,0	0,90	
4,0	6,0	4,0	3,5	3,0	2,6	2,3	2,0	1,8	1,6	1,4	
6,3	9,5	6,3	5,4	4,8	4,0	3,7	3,2	2,8	2,5	2,3	
10,0	15	10,0	9,0	7,5	6,6	5,8	5,0	4,5	4,2	3,6	
12,5	19	12,5	11,3	9,4	8,3	7,3	6,5	5,5	5,0	4,5	
16	24	16	14	12	11	9,0	8,0	7,0	6,2	5,7	
20	30	20	18	15	13	11,5	10	9,0	8,4	7,2	

PN (P_n)	$P_{\text{пр}}$	$P_{\text{раб}}$, МПа, при наибольшей температуре среды, °C									
		МПа	200	250	300	350	400	425	435	445	455
25	35	25	23	19	17	15	13	11	10	9,0	
32	45	32	28	24	22	17	16	14	12,4	11,4	
40	56	40	35	30	26	23	20	18	16	14	
50	65	50	45	37	33	29	25	22	21	18	
63	80	63	54	48	40	37	32	28	25	23	
80	100	80	70	60	52	46	40	36	33	28	
100	125	100	90	75	66	58	50	45	42	36	

Примечание Первая ступень ($t_s = 200^\circ\text{C}$) рабочего давления распространяется на температуры среды не выше -10°C для сталей марок С15, 10, 12, 20 и 25, не выше -30°C для болтовых труб из сталей марок 10 и 20, не выше -40°C для сталей марок 15Г, 14Г, 17Г, 17ГК, 20Г, 22Г и 20Г2С, не выше -70°C для сталей марок 09Г2С и 10Г2С.

Значения рабочих давлений и температур для арматуры и деталей трубопроводов не должны выходить за пределы, установленные соответствующими Правилами и нормами Государственного надзора, не должны превышать предельных значений, установленных этими правилами. Рабочие давления для температур, не указанных в таблицах 1.1...1.5, принимаются по нормативно-технической документации.

Таблица 1.3 – Рабочее давление для арматуры и деталей трубопровода из серого чугуна марок СЧ 18, СЧ 21, высокопрочного чугуна марок ВЧ 42-12 и ковкого чугуна марок КЧ 30-6 по ГОСТ 356-80

PN (P_n)	$P_{\text{пр}}$	$P_{\text{раб}}$, МПа, при наибольшей температуре среды, °C						
		МПа	120	200	250	300	350	400
0,10	0,20	0,10	0,10	0,10	0,10	0,08	0,07	
0,16	0,25	0,16	0,15	0,13	0,13	0,12	0,11	
0,25	0,40	0,25	0,23	0,20	0,20	0,19	0,16	
0,40	0,60	0,40	0,36	0,34	0,32	0,30	0,28	
0,63	0,90	0,63	0,60	0,50	0,50	0,46	0,43	
1,0	1,5	1,0	0,9	0,80	0,80	0,75	0,70	
1,6	2,4	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,0	
2,5*	3,8	2,5	2,3	2,1	2,0	1,8	1,6	
4,0*	6,0	4,0	3,6	3,4	3,2	3,0	2,8	

Примечание 1 Рабочее давление для арматуры и деталей трубопроводов из чугуна марок СЧ 18, СЧ 21 и ВЧ 42-12 следует принимать только для температур до 200°C ; исключение 2 Условные давления, обозначенные знаком *, следует принимать только для арматуры и деталей трубопроводов, изготовленных из чугуна марок ВЧ 42-12 и КЧ 30-6. 1 Первая ступень ($t_s = 120^\circ\text{C}$) рабочего давления распространяется на температуры среды не выше -30°C для чугуна марок ВЧ 42-12 и КЧ 30-6 и не выше -15°C для чугуна марок СЧ 18-20 и СЧ 21-40.

Таблица 1.4 – Рабочее давление для арматуры и деталей трубопровода из бронзы (ГОСТ 613-79) и латуни (ГОСТ 17711-80* и ГОСТ 15527-70*) по ГОСТ 356-80

PN (P_n)	$P_{\text{пр}}$	$P_{\text{раб}}$, МПа, при наибольшей температуре среды, °C					PN (P_n)	$P_{\text{пр}}$	$P_{\text{раб}}$, МПа, при наибольшей температуре среды, °C		
		120	200	250					120	200	250
	МПа								МПа		
0,10	0,20	0,10	0,10	0,07	4,0	6,0	4,0	3,2	2,7		
0,16	0,25	0,16	0,13	0,11	6,3	9,5	6,3	—	—		
0,25	0,40	0,25	0,20	0,17	10	15	10	—	—		
0,40	0,60	0,40	0,32	0,27	12,5	19	12,5	—	—		
0,63	0,90	0,63	0,50	0,45	16	24	16	—	—		
1,0	1,5	1,0	0,80	0,70	20	30	20	—	—		
1,6	2,4	1,6	1,3	1,1	25	35	25	—	—		
2,5	3,8	2,5	2,0	1,7				—	—		

Примечание Первая ступень ($t_s = 120^\circ\text{C}$) рабочего давления распространяется на температуры среды не выше -30°C .

Таблица 1.5 – Рабочее давление для арматуры и деталей трубопроводов из сталей марок 08Х18Н9Т, 12Х18Н9Т, 12Х18Н2Т, 45Х14Н14В2М и марок Х16НМ2* по ГОСТ 356-80

PN (P_r)	P_r	P_r , МПа, при наибольшей температуре среды, °C														
		200	300	400	480	520	560	590	610	630	660	676	690	700		
0,10	0,20	0,10	0,09	0,08	0,07	0,06	0,05	0,05	0,04	—	—	—	—	—	—	—
		0,16	0,14	0,12	0,11	0,09	0,08	0,08	0,06	—	—	—	—	—	—	—
0,25	0,40	0,25	0,23	0,19	0,17	0,15	0,13	0,11	0,10	0,09	0,08	0,07	0,06	0,06	0,05	—
0,40	0,60	0,40	0,35	0,30	0,26	0,23	0,20	0,18	0,16	0,14	0,13	0,12	0,10	0,09	0,08	—
0,63	0,90	0,60	0,54	0,48	0,40	0,37	0,32	0,28	0,25	0,23	0,21	0,19	0,17	0,15	0,13	—
1,0	1,5	1,0	0,90	0,75	0,66	0,58	0,50	0,45	0,42	0,36	0,33	0,30	0,27	0,23	0,20	—
1,6	2,4	1,6	1,4	1,2	1,1	0,9	0,8	0,7	0,62	0,57	0,52	0,50	0,43	0,37	0,32	—
2,5	3,8	2,5	2,3	1,9	1,7	1,5	1,3	1,1	1,0	0,9	0,82	0,74	0,64	0,60	0,50	—
4,0	6,0	4,0	3,5	3,0	2,6	2,3	2,0	1,8	1,6	1,4	1,3	1,2	1,04	0,90	0,80	—
6,3	9,5	6,3	5,4	4,8	4,0	3,7	3,2	2,8	2,5	2,3	2,1	1,9	1,7	1,5	1,3	—
10,0	15	10,0	9,0	7,5	6,6	5,8	5,0	4,5	4,2	3,6	3,3	3,0	2,7	2,3	2,0	—
12,5	19	12,5	11,3	9,4	8,3	7,3	6,5	5,5	5,0	4,5	4,1	3,8	3,3	2,9	2,5	—
16	24	16	14	12	11	9,6	8,0	7,0	6,2	5,7	5,2	5,0	4,3	3,7	3,2	—
20	30	20	18	15	13	11,5	10	9,0	8,4	7,2	6,5	6,0	5,4	4,6	4,0	—
25	35	25	23	19	17	15	13	11	10	9	8,2	7,4	6,4	5,6	5,0	—
32	45	32	28	24	22	17	16	14	12,4	11,4	10,5	10	8,5	7,4	6,4	—
40	56	40	35	30	26	23	20	18	16	14	13	12	10,4	9	8	—
50	65	50	45	37	33	29	25	22,5	21	18	16,5	15	13,5	11,5	10	—
63	80	63	54	48	40	37	32	28	25	23	21	19	17	15	13	—
80	100	80	70	60	52	46	40	36	32	28	26	24	21,5	18,4	16,4	—
100	125	100	90	75	66	58	50	45	42	36	33	30	27	23	20	—

Примечания 1 В нефтегазобалластных промышленности ступени рабочих давлений допускается применять по нормативно-технической документации для марок сталей при температуре среды выше 450°C.

2 Первая ступень ($P_r = 200$ С) рабочего давления распространяется на температуру среды не ниже -40°C.

Таблица 1.6 – Рабочее давление для арматуры и деталей трубопровода из типовых сплавов марок ВТ1-0, 3М, Т3, В1 и Т3-3 по ГОСТ 356-80

PN (P_r)	P_r	P_r , МПа, при наибольшей температуре среды, °C									
		200	250	300	350	400	425	435	445	455	
0,10	0,2	0,10	0,09	0,08	0,07	0,06	0,05	0,05	0,04	6	—
0,16	0,3	0,16	0,14	0,12	0,11	0,09	0,08	0,08	0,06	6	—
0,25	0,4	0,25	0,23	0,19	0,17	0,15	0,13	0,11	0,10	0,09	—
0,40	0,6	0,40	0,35	0,30	0,26	0,23	0,20	0,18	0,16	0,14	—
0,63	0,9	0,60	0,54	0,48	0,40	0,37	0,32	0,28	0,25	0,23	—
1,0	1,5	1,0	0,90	0,75	0,66	0,58	0,50	0,45	0,42	0,36	—
1,6	2,4	1,6	1,4	1,2	1,1	0,9	0,8	0,7	0,62	0,57	—
2,5	3,8	2,5	2,3	1,9	1,7	1,5	1,3	1,1	1,0	0,90	—
4,0	6,0	4,0	3,5	3,0	2,6	2,3	2,0	1,8	1,6	1,4	—
6,3	9,5	6,3	5,4	4,8	4,0	3,7	3,2	2,8	2,5	2,3	—
10,0	15	10,0	9,0	7,5	6,6	5,8	5,0	4,5	4,2	3,6	—
12,5	19	12,5	11,3	9,4	8,3	7,3	6,5	5,5	5,0	4,5	—
16	24	16	14	12	11	9,0	8,0	7,0	6,2	5,7	—
20	30	20	18	15	13	11,5	10	9,0	8,4	7,2	—
25	35	25	23	19	17	15	13	11	10	9,0	—
32	45	32	28	24	22	17	16	14	12,4	11,4	—
40	56	40	35	30	26	23	20	18	16	14	—
50	65	50	45	37	33	29	25	22	21	18	—
63	80	63	54	48	40	37	32	28	25	23	—
80	100	80	70	60	52	46	40	36	32	28	—
100	125	100	90	75	66	58	50	45	42	36	—

Примечание. Первая ступень ($P_r = 200$ С) рабочего давления распространяется на температуру среды не ниже 50 °C для сталей марок Ст3, 16, 15, 20 и 28; не ниже -30 °C для легированных труб из сталей марок 10 и 20; не ниже -40 °C для сталей марок 15С, 16С, 17С, 17ГС, 20Л, 25Л и 28ЛС; не ниже -70 °C для сталей марок 09Г2С и 10Г2С.

При определении условного давления по рабочему давлению, не указанному в приведенных таблицах, допускается превышение рабочего давления над ближайшим его значением.

приведенным в соответствующей таблице, не более чем на 5%, в противном случае условное давление принимается по следующей, более высокой, ступени.

В качестве рабочей температуры принимается температура, при которой происходит длительная эксплуатация изделия, без учета критических отклонений, допускаемых соответствующими стандартами или нормативно-технической документацией.

Задвижки используются там, где габариты арматуры не имеют решающего значения, а условия эксплуатации тяжелые: высокая температура рабочей среды, требуется длительная герметичность при низком давлении, низкую стоимость и широкий диапазон диаметров прохода. Задвижки используются только в качестве запорной арматуры. При необходимости частого открывания и закрывания (высокая частота циклов) применять их не рекомендуется.

Использование задвижек, как, впрочем, и других типов запорной арматуры, обуславливается совокупной оценкой многочисленных условий, которые должны быть обеспечены, исходя из свойств задвижек. В таблицах 1.7 ... 1.9 приведены данные по характеру наиболее существенных свойств задвижек.

Периодичность срабатывания арматуры (цикловая нагрузка) оказывает влияние на срок ее службы. Можно условно считать, что такие детали, как ходовая гайка, уплотнительные кольца задвижек, набивка сальника и некоторые другие, могут выполнить определенное число циклов, после чего должны быть подвергнуты ремонту или замене. При частом срабатывании срок службы этих деталей снижается.

Каждый тип привода имеет свою силовую характеристику, влияющую на контактные давления на уплотнительных кольцах запорного органа задвижек, напряжения в шпindelе и ходовой гайке, бугеле и других деталях. Силовой характеристикой арматуры называется зависимость значений перестановочного усилия от перемещения затвора. Электроприводы создают ударную нагрузку на уплотнительные кольца в конце хода закрывания, гидравлический привод обычно нагружает седло более плавно.

Ударное действие при закрывании ухудшает состояние уплотнительных поверхностей на клине и седле, что оказывает влияние на срок службы.

При расположении арматуры на открытом воздухе ухудшаются условия ее эксплуатации, иногда нарушается регулярная смазка, в подвижные сопряжения попадают пыль и песок, влага, дождь и снег, что ускоряет изнашивание деталей.

Конструкция и материал основных деталей: корпуса, крышки, уплотнительных колец, шпindеля, нажимной гайки и др. должны соответствовать условиям работы, в противном случае неизбежен ускоренный выход арматуры из строя. За ней всегда должны быть организованы тщательное наблюдение и своевременный контроль технического состояния.

Таблица 1.7 — Общие рекомендации по использованию задвижек

Условия эксплуатации	Рекомендуемый	Допустимый	Нерекомендуемый
Двухпозиционное регулирование	•	—	—
Дроселирование	—	—	—
Герметичность	—	—	•
Регулирование	—	•	—
Пыль	—	—	•
Абразивные износы	—	•	—
Облегченные конструкции	—	—	•
Суженный проход	—	—	•
Быстродействие (1/4 об.)	—	—	—

Условия эксплуатации	Рекомендуемый	Допустимый	Нереконструируемый
Высокое давление	•	—	—
Перекрытие потока при высоком давлении (большой перепад)	•	—	—
Перекрытие потока при низком давлении (малый перепад)	•	—	—
Небольшой шум	•	—	—
Кавитация и парообразование	•	—	—
Малые протечки в атмосферу	•	—	—
Низкая цена	—	•	—
Низкая стоимость монтажа	—	•	—
Низкая стоимость обслуживания	—	•	—
Небольшое усилие при управлении	—	•	—
Коррозионная среда	—	—	•
Высокая температура среды	•	—	—
Низкие температуры (криогенные)	•	—	—

Таблица 1.8 – Рекомендации по использованию задвижек в зависимости от свойств и параметров среды

Характеристика транспортируемой среды	Рекомендуемый	Допустимый	Нереконструируемый
Вязкая среда	—	•	—
Застывающие смеси	—	•	—
Среды с абразивами, пульпы, шламы	—	•	—
Сыпучие материалы	—	•	—
Коррозионная среда	—	—	•
Агрессивная среда	—	—	•
Среды			
холодильной техники	—	•	—
криогенной техники	—	—	—
Рабочая температура среды $t_{\text{р}}$, °C			
<100	•	—	—
<200	•	—	—
<600	•	—	—
>600	—	•	—
Вакуум	•	—	—
Давление $p_{\text{р}}$ > 6,4 МПа	•	—	—
При закрывании создается большой перепад давления	•	—	—

Таблица 1.9 – Рекомендации по использованию задвижек в зависимости от функциональных и конструктивных характеристик

Требования и характеристики	Рекомендуемый	Допустимый	Нереконструируемый
Малая строительная длина	—	•	—
Малая высота, малая масса	•	—	—
Малое гидравлическое сопротивление	•	—	—
Полнопроходность (возможность очистки трубопровода)	—	—	•
Малый условный диаметр прохода $DN (D_1) \leq 20$ мм	•	—	—
Средний условный диаметр прохода $DN (D_1) \leq 200$ мм	•	•	—
Большой условный диаметр прохода $DN (D_1) \geq 500$ мм	—	—	•
Высокая ремонтопригодность	—	•	—
Удобное обслуживание	—	•	—
Большой срок службы	—	—	•
Высокая надежность	—	—	•
Малый ход затвора	—	—	—

2 Анализ характера контактного взаимодействия уплотнений клинкового затвора при эксплуатации

Затвор клинковой задвижки является сборочным соединением, в котором происходит контактное взаимодействие четырех уплотнительных поверхностей.

Ожидаемый результат такого взаимодействия регламентированная герметичность в виде отсутствия протечки и регламентированный ресурс, выраженный количеством циклов срабатывания затвора. В зависимости от исполнения задвижки могут обеспечивать одностороннее или двухстороннее уплотнение затвора. При одностороннем уплотнении функцию по обеспечению герметичности выполняет пара уплотнительных поверхностей, расположенных на выходном, по направлению движения среды, патрубке. При двухстороннем уплотнении функцию по обеспечению герметичности выполняют две уплотнительные пары одновременно и на входном патрубке и на выходном патрубке. Задвижки могут использоваться в трубопроводных системах, в которых возможно движение транспортируемой среды в двух противоположных направлениях. Это условие приводит к необходимости обеспечения работоспособности каждой уплотнительной пары по принципу одностороннего уплотнения. Такое функционирование задвижек целесообразно, так как в этом случае используется энергия транспортируемой среды и нет необходимости применять мощные приводные устройства, влекущие за собой громоздкие и тяжеловесные конструкции задвижек.

Главным критерием обеспечения герметичности уплотнений, принятым в расчетных методиках «НПФ «ЦКБА» (бывший ЦКБА), является номинальное контактное напряжение герметизации (q_n). На основе этого критерия разработаны и используются на практике рекомендации, методические указания и руководящие документы по выбору размерных параметров уплотнительных колец.

Проведенный анализ состояния номинальных контактных напряжений, которые образуются под действием транспортируемой среды и уплотнениях задвижек, изготовленных по рекомендованному размерным параметрам для размерных рядов DN (Dy) и PN (Py) дает достаточно сложную картину (рисунок 2.1).

Из общего характера картины распределения номинальных напряжений выделяются три зоны.

Первая зона - «зона А» соответствует такому сочетанию площади номинального контакта уплотнительных поверхностей затвора для всего ряда DN (Dy) и ограниченного ряда PN (Py), при котором номинальные контактные напряжения в уплотнении не превышают предельно допустимые нормы (q_n). Эта «зона А» может быть охарактеризована как зона благоприятного контактного взаимодействия подвижных элементов уплотнений.

Вторая зона - «зона В» характеризуется таким характером номинальных контактных напряжений в уплотнении, которое может привести к повышенному износу уплотнения и везелной потере герметичности в затворе. Учитывая опыт эксплуатации уплотнений с таким характером контактного взаимодействия «зона В» может быть охарактеризована как зона рискованного контактного взаимодействия подвижных элементов уплотнения.

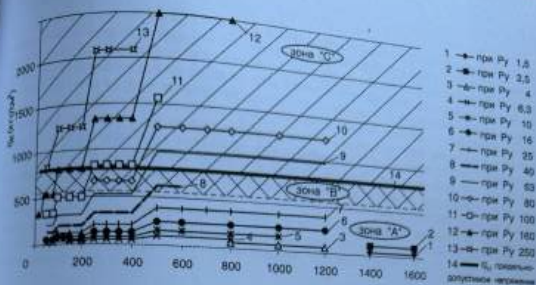


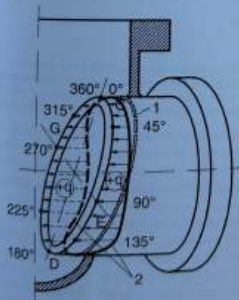
Рисунок 2.1 – Номинальные напряжения в уплотнениях затворов задвижек при действии на них нагрузки транспортируемой среды.

Третья зона – «зона С» содержит в своем составе такое сочетание уплотнений для исправленного ряда DN (Ду) и РN (Ру), в которой номинальные контактные напряжения превышают предельно допустимые нормы. По характеру возможных эксплуатационных результатов «зона С» должна быть охарактеризована как зона недопустимого риска контактного взаимодействия подвижных элементов уплотнения.

Исследования напряженно-деформированного состояния затворов задвижек и других типов шаровой арматуры показали, что действительные значения контактных напряжений в уплотнении

значительно отличаются от номинальных характером распределения по периферической зоне уплотнительного кольца (рисунок 2.2).

Рисунок 2.2 – Распределение контактных напряжений при контактом взаимодействии уплотненной затвора шаровой задвижки: 1 – номинальные напряжения; 2 – действительные напряжения.



По сравнению с номинальными распределение действительных напряжений неравномерно. Оно носит синусоидальный характер. Амплитуды максимальных напряжений в 1,5–2 раза превышают номинальные и находятся: одна – в зоне 135° разворота кольца уплотнения и вторая – в зоне 225°. Координаты зон максимальных амплитуд контактных напряжений достаточно хорошо совпадают с зонами уплотнений, в которых в процессе эксплуатации и даже при приемодаточных испытаниях появляются «задиры», приводящие к резкой потере герметичности. Именно это обстоятельство объясняет появление «зоны В» как

зоны рискованного контактного взаимодействия.

Описанные явления порождают вопрос о причинах неравномерного распределения контактных напряжений и методах устранения или снижения вредного влияния минимальной амплитуды в изменении исходных размерных параметров корпуса задвижки при действии распределенной нагрузки от энергии транспортируемой среды. Это приводит к деформации уплотнительных поверхностей корпуса и изменению угловых размеров клиновой полости и отклонениям формы корпуса, которое возможно при новом конструировании. Для существующих конструкций задвижек имеется возможность уменьшить вредное влияние пиковых амплитуд контактных напряжений за счет сочетания точности функциональных метрических параметров уплотнений клиновой камеры корпуса и уплотнительных поверхностей клина. Понятием функциональные метрические параметры объединены в единую совокупность пять групп параметров – отклонения линейных и угловых размеров (Δa), отклонения взаимного положения поверхностей, осей и центров (Δc), отклонения геометрической формы деталей и поверхностей (Δf), шероховатость (Δr).

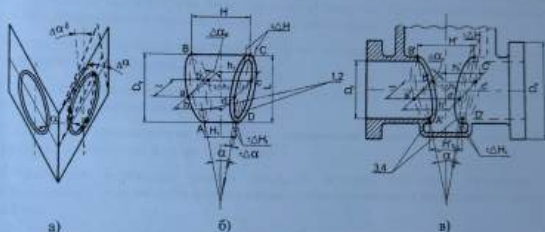


Рисунок 2.3 – Формирование клинового соединения затвора задвижки: а) расположение в полусферической поверхности клина функциональных уплотнительных поверхностей и формирование шероховатостей угловых размеров; б) клин и его функциональные линейно-угловые параметры уплотнительных поверхностей (1; 2); в) корпус и его функциональные линейно-угловые параметры уплотнительных поверхностей (3; 4) клиновой камеры

В практике отечественного производства клиновых задвижек двугранный угол задается в виде плоского угла (α) в продольном сечении. Его номинальное значение составляет $\alpha = 10^\circ$. Была сделана попытка нормировать отклонения углов (ОСТ 26-07-2013-85). Однако подход к нормированию и отсутствие необходимого метрологического оснащения не позволили в должной мере использовать его на практике.

Для импортной аппаратуры номинальные значения плоского угла для задвижек различных производителей колеблется в диапазоне $8^\circ \dots 12^\circ$.

Обеспечение точности клинового соединения затвора является сложной технологической проблемой как для производства клиновых задвижек, так и особенно для их ремонта. По настоящее время основным методом получения качественного клинового соединения является метод пригонки. При этом используется сложная технологическая оснастка, построенная на правильном выборе технологических баз. Кроме того, необходимо учитывать, что угол (α) клина должен быть всегда больше угла (α_0) клиновой камеры корпуса. Разница этих углов ($\alpha - \alpha_0 = \Delta a$) зависит от жесткости корпуса, что в свою очередь связано с DN (D_y) и PN (P_y). Для многих конструкций задвижек (кроме штампово-сварных) разница линейных углов (Δa) клинового затвора находится в

диапазоне $\Delta = 2' \dots 10'$. Правильное сочетание угловых размеров элементов клинового соединения означает, что отклонение формы ($\Delta\alpha$), волнистость ($\Delta\lambda$) и шероховатость ($\Delta\epsilon$) должны оставаться вне поля зрения технолога. Всегда необходимо руководствоваться правилом, что только комплексное обеспечение точности по всей совокупности метрических параметров ($\Delta\alpha$, $\Delta\lambda$, $\Delta\epsilon$, $\Delta\delta$, $\Delta\gamma$) позволяет получить клиновое соединение заданного качества.

3 Напряжения и деформации элементов затвора

Трубопроводная арматура проявляет свои свойства только в агрегатах с использованием технологических и транспортных трубопроводов. Анализ их взаимодействия показывает, что трубопроводная арматура испытывает внешнее силовое воздействие со стороны трубопроводной системы. Наибольшее влияние на состояние трубопроводной арматуры оказывают следующие составляющие внешних воздействий. Монтажные силы (F_m), компенсирующие неточность изготовления привалочных поверхностей магистральных фланцев арматуры и трубопроводов, а также погрешностей монтажа. Силы, зависящие от массы арматуры (F_g) и участков трубопроводов ($F_{гп}$). Силы, возникающие вследствие температурных деформаций (F_t) трубопроводов.

Все эти внешние силовые воздействия по своему влиянию на трубопроводную арматуру систематизируются в три группы.

1. Суммарные сжимающие силы ($F_{сж}$), действующие в условиях эксплуатации на привалочные поверхности магистральных фланцев (патрубков);
2. Суммарные растягивающие силы ($F_{рст}$), действующие в эксплуатации на привалочные поверхности магистральных фланцев (патрубков);
3. Суммарный изгибающий момент ($M_{из}$) от действия суммарных сжимающих и растягивающих сил с местом их приложения к привалочным поверхностям магистральных фланцев (патрубков).

Влияние этих внешних силовых воздействий, безусловно, оказывает дестабилизирующее влияние и должно быть изучено. Для исследований свойств запорных клапанов были проведены 5 серий экспериментов, в которых осуществлялось варьирование направлением действия усилий ($F_{сж}$, $F_{рст}$) на поверхности магистральных фланцев, моделирующих воздействие трубопроводов на трубопроводную арматуру в процессе проведения монтажных работ и в процессе эксплуатации от температурных деформаций.

Варьировались и величины $P_{сж}$ и $F_{рст}$ в зависимости от условий использования трубных компенсаторов.

Для исследований межэпюлотительного пространства были использованы специальные золотники, представляющие собой совокупность емкостных датчиков, расположенных по периферической зоне уплотнения золотника. Все датчики тарируются с целью определения собственной погрешности.

В процессе проведения исследований в качестве переменных параметров выступали $P_{сж}$, $F_{рст}$. Кроме того, $P_{сж}$ меняло направление действия.

Для исследований свойств задвижек были использованы два варианта конструкций клина. Первый — клин цельный литой, квазижесткий, не позволяющий компенсировать исходные угловые погрешности соединения ($\Delta\alpha$, $\Delta\alpha_0$) за счет упругой деформации собственных уплотнительных поверхностей. Второй вариант — клин двухдисковый упругий и у него имеется возможность некоторой компенсации $\Delta\alpha$ и $\Delta\alpha_0$ соединения. Для экспериментов клиновые соединения

подбирались по определенным соотношениям угловых параметров клина ($\alpha_{кл}$, $\alpha_{кв}$) и угловых параметров клиновой камеры корпуса ($\alpha_{кор}$, $\alpha_{квк}$) (таблица 3.1). Уплотнительные поверхности затвора во всех проводимых экспериментах изготовлялись по всем пяти группам метрических параметров (Δ_0 , Δ_1 , Δ_2 , Δ_3 , Δ_4). Было проведено 5 серий испытаний. В сериях 1 - 4 исследовалось влияние величины и направления угловой погрешности при сохранении характера и величины волнистости. В опытах серии 1 использовалась твердая смазка из дисульфида молибдена на уплотнительной поверхности. В серии 2 значения углов обеспечивали раскрытие стыка в нижней, в серии 3 - в средней, а в серии 4 - в верхней зонах уплотнительной поверхности корпуса. В серии 5 исследовалось влияние волнистости при сохранении характера ее изменения.

Таблица 3.1 – Условия контактирования клинкового затвора

Характеристики затвора	Угловые соотношения элементов затвора			
Затвор с жестким клином				
	1) $\alpha_{кл} = \alpha_{кв}$ 2) $\alpha_{квк} = \alpha_{кв} = 0$	1) $\alpha_{кл} > \alpha_{кв}$ 2) $\alpha_{квк} = \alpha_{кв} = 0$	1) $\alpha_{кл} < \alpha_{кв}$ 2) $\alpha_{квк} < \alpha_{кв}$	1) $\alpha_{кл} = \alpha_{кв}$ 2) $\alpha_{квк} > \alpha_{кв}$
Затвор с гибким клином				
	1) $\alpha_{кл} = \alpha_{кв}$ 2) $\alpha_{квк} = \alpha_{кв} = 0$	1) $\alpha_{кл} > \alpha_{кв}$ 2) $\alpha_{квк} = \alpha_{кв} = 0$	1) $\alpha_{кл} < \alpha_{кв}$ 2) $\alpha_{квк} < \alpha_{кв}$	1) $\alpha_{кл} = \alpha_{кв}$ 2) $\alpha_{квк} > \alpha_{кв}$

Анализ результатов исследований свойств задвижек показывает, что под действием $F_{уп}$ и $P_{св}$ происходит упругая деформация корпуса, влекущая за собой коробление уплотнительных поверхностей и изменения линейных (L) и угловых (α) размеров клиновой камеры корпуса. При этом чем больше $F_{уп}$ и $P_{св}$, тем более значительны ΔL и изменения $\Delta \alpha$.

Также сделаны следующие выводы:

- По всем сериям экспериментов отмечается существенное отличие перепадов деформаций в перпендикулярных сечениях $0...180^\circ$ (δ_0) и $90...270^\circ$ (δ_1). Объяснить эти отличия можно конструктивными особенностями стыков арматуры, обладающих различной жесткостью по периферической зоне уплотнений.

- По всем сериям экспериментов величина упругих деформаций и их перепадов по перпендикулярным сечениям невелика в области малых управляющих нагрузок ($F_{уп}$ до 400 Нм), при дальнейшем воздействии давления среды ($P_{св}$) перепады деформаций значительно возрастают.

- Для 1-й серии экспериментов величина перепадов деформаций в области малых нагрузок ($F_{уп}$) существенно меньше по сравнению с другими сериями экспериментов. Это можно объяснить тем, что при совпадении углов клина и седла упругие деформации происходят равномерно, так как управляющая нагрузка ($F_{уп}$) распределяется по всей площади контакта герметизирующих поверхностей.

- Погрешности взаимного расположения контактирующих поверхностей вызывают значительные перепады упругих деформаций даже в зоне умеренных управляющих нагрузок ($F_{уп}$), что хорошо видно по 2 - 4 сериям экспериментов.

- Изученные перепады деформаций, возникающих под действием управляющих нагрузок и давлений среды, являются одним из доминирующих факторов потери арматурой герметичности.

- Угловые соотношения $\alpha_{кл}$, $\alpha_{сж}$, $\alpha_{сж}$, $\alpha_{кл}$, а также жесткость клина оказывают влияние на изменение L и α клиновой камеры только на 2-й стадии работы затвора в пределах $F_{п}$. Действие $F_{сж}$ на третьей стадии работы затвора многократно увеличивает изменение L и α клиновой камеры корпуса.

- Полиномиальная аппроксимация результатов экспериментов второй серии позволила получить следующие аналитические зависимости для определения величины деформации ΔL в нан гибким клином (3τ - гибк.)

По результатам анализа условий эксплуатации, испытаний и конструктивных особенностей затворов следует вывод, что для обеспечения надежности, герметичности, заданного срока службы и ремонтопригодности значительная роль отводится конструкторам и грамотной разработке современной трубопроводной арматуры.

Заключение

Выполнен анализ конструкторских и технологических возможностей обеспечения заданной герметичности и точности при контакте запорного элемента и седла трубопроводной арматуры.

Осуществлен обзор литературных источников, интернет ресурсов, патентной информации, методических указаний и рекомендаций по запорной арматуре промышленных предприятий.

Проанализирован большой объем полученной информации, данные международных и российских стандартов, а также патентов по конструированию клиновых задвижек, обеспечению точности, герметичности и надежности срабатывания при заперении во время эксплуатации.

Определены критерии точностных параметров пары запорный элемент-седло на стадии конструирования.

Изучены проблема и актуальность задачи обеспечения заданного уровня герметичности запорных элементов в клиновых затворах.

Исследован физико-механический механизм при контакте подвижного запорного элемента клина с седлом затвора.

Представлен обзор современной технической информации проектировщиков запорной арматуры.

Проведен анализ результатов испытаний конструкции клиновых затворов в реальных условиях эксплуатации.

Материалы производственной практики (проектно-конструкторской) будут использоваться при подготовке и написании выпускной квалификационной работы магистра.

Список использованных источников

1. Тихов А.И. Арматура трубопроводная неплотное значение. Выбор. Эксплуатация. Ремонт. - М.: Машиностроение, 2003. - 463 с.
2. Гуркин Д.Ф. Расчет и конструирование трубопроводной арматуры. - Л. Машиностроение, 1964. - 832с.
3. Гуркин Д.Ф., Шляков О.Н. Справочник конструктора трубопроводной арматуры. - Л.: Машиностроение. Ленинградское отделение, 1987. - 518 с.
4. Гуркин Д.Ф., Шляков О.Н., Вишняк Ю.Н. Арматура химических установок. - Л.: Химия, 1979. - 320 с.
5. Келавский М.С. и др. Судовая арматура. - Л.: Судостроение, 1975. - 432 с.
6. Келавский И.М. Основы технологии машиностроения. - М.: Высшая школа, 2001. - 519 с.
7. Суляев А.Г., Далецкий А.М. Научные основы технологии машиностроения. - М.: Машиностроение, 2002. - 684 с.
8. Суляев С.В. Трубопроводная арматура. Исследования. Производство. Ремонт. - М.: Машиностроение, 2002. - 392 с.
9. Трубопроводная арматура с автоматическим управлением. Справочник под общей редакцией С.Н.Косых. - Л.: Машиностроение, 1982. - 536 с.