О.Н. Шпаков

АЗБУКА ТРУБОПРОВОДНОЙ АРМАТУРЫ

СПРАВОЧНОЕ ПОСОБИЕ

ОГЛАВЛЕНИЕ

Санкт-Петербург
2003

Азбука трубопроводной арматуры. Справочное пособие. Авт. Шпаков О.Н.

В книге дан обзор запорной, обратной, предохранительной, регулирующей арматуры и приводов, применяемых во всех отраслях промышленности, строительства и сельского хозяйства. Освещены вопросы по истории, стандартам, конструкциям, выбору, испытаниям, монтажу и обслуживанию трубопроводной арматуры.

Книга предназначена для инженерно-технических работников, эксплуатирующих арматуру, а также занятых проектированием, строительством и ремонтом трубопроводных систем. Может использоваться для обучения персонала, будет полезна студентам, изучающим системы, содержащие трубопроводы различного назначения, специалистам по маркетингу и сбыту трубопроводной арматуры и приводов.

Табл. 19, ил. 77, список лит. 12 назв.

© О.Н. Шпаков

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие 4
От автора 6
Глава 1. Из истории арматуростроения 7
Глава 2. Терминология 17
Глава 3. Обозначение арматуры и приводов 20
Глава 4. Базовые конструкции арматуры 31
Глава 5. Стандарты на арматуру 37
Глава 6. Методы выбора арматуры 46
Глава 7. Арматура с прямолинейным перемещением штока (линейная арматура) 48
Глава 8. Арматура с вращающимся штоком 62
Глава 9. Обратная арматура 74
Глава 10. Предохранительные и перепускные клапаны 76
Глава 11. Регуляторы давления и регулирующая аппаратура 78
Глава 12. Конденсатоотводчики 88
Глава 13. Различная арматура 91
Глава 14. Приводы 94
Глава 15. Силовые характеристики арматуры 96
Глава 16. Пневматические приводы 101
Глава 17. Электрические приводы 110
Глава 18. Гидравлические приводы 117
Глава 19. Приводы для регулирующей арматуры 119
Глава 20. Монтаж арматуры и приводов 125
Глава 21. Обслуживание арматуры и приводов 130

Приложения:
Приложение 1. Перечень международных стандартов по арматуре и приводам 132
Приложение 2. Обозначение сталей по стандартам разных стран 148
Приложение 3. Коды и классификация арматуры СЕИР из каталога «Арматура из Европы» 151
Приложение 4. Полезные эквиваленты. Таблица перерасчета в/из метрической системы 161
Приложение 5. Перечень Директив ЕС 163

Литература 164

P.S. Арматурные истории разных лет 165

ПРЕДИСЛОВИЕ

Автор книги «Азбука трубопроводной арматуры» Олег Николаевич Шпаков знаком с тематикой данного справочного пособия не понаслышке. Он окончил в 1957 году инженерный факультет Ленинградского Высшего военно-морского училища по специальности инженер-механик по корабельным двигателям внутреннего сгорания. Сразу после училища был назначен командиром электромеханической боевой части пограничного корабля. В его ведении находились кроме главных и вспомогательных двигателей многочисленные корабельные системы – топливная, масляная, питьевой и забортной воды, сжатого воздуха и другие, насосы, компрессоры и много трубопроводной арматуры разных видов. Три года службы позволили автору изучить все оборудование в совершенстве. После службы в морских пограничных частях и двухгодичной конструкторской работы в отделе автоматизации и механизации Вагоностроительного завода О.Н. Шпаков совершает промысловый рейс в должности второго механика китобойного судна Калининградской антарктической китобойной флотилии «Юрий Долгорукий», где расширил и приобрел новые знания и опыт в эксплуатации судовых систем и принятии технических решений в сложных ситуациях, возникающих в кругосветном плавании.

В 1962 году автор поступает на работу в научно-исследовательский и конструкторский отдел приводных устройств Центрального конструкторского бюро арматуростроения (ЦКБА), где создает новые конструкции электроприводов для трубопроводной арматуры. В1965 году он был назначен начальником этого отдела. Под его руководством был создан унифицированный ряд электроприводов, по замыслу и техническим характеристикам опередивший свое время. Так, при получении технических требований от финских проектировщиков наиболее безопасной в мире атомной электростанции «Ловииса» созданные ЦКБА электроприводы полностью удовлетворили требования к оборудованию этой АЭС без какой-либо доработки.

В 1977 году О.Н. Шпаков защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук по теме «Исследование червячного электропривода с учетом работы предохранительных устройств применительно к трубопроводной арматуре». Он является соавтором четырех монографий по арматуростроению, не потерявших актуальности по настоящее время, имеет многие авторские свидетельства и патенты России, способствующие прогрессу отрасли.

С 1973 по 1990 год автор работал главным инженером и заместителем директора по научной работе ЦКБА. В этой должности ему пришлось решать самые разнообразные задачи на крупных предприятиях различных отраслей народного хозяйства. С 1991 года по настоящее время О.Н. Шпаков является бессменным Исполнительным директором Научно-промышленной ассоциации арматуростроителей.

Новое справочное пособие предназначено для студентов и широкого круга специалистов, эксплуатирующих трубопроводную арматуру, однако многие выдвинутые автором положения будут интересны для разработчиков и изготовителей – профессионалов. О.Н. Шпаков

изучил и систематизировал весьма интересные исторические вехи развития отечественного арматуростроения, ранее нигде не публиковавшиеся. Заслуживает внимания не применявшаяся ранее в отечественном арматуростроении классификация арматуры по пяти основным типам. Очень подробно изложен материал по обозначениям арматуры и приводов, действующим в настоящее время. В приложении помещен обширный материал по стандартам, используемым в мировом арматуростроении. Указанные материалы до настоящего времени не были опубликованы настолько полно и подробно.

Разделение арматуры на арматуру с линейным и вращательным перемещением штока облегчает читателям освоение особенностей отдельных видов арматуры, а конструкторам – выбор наиболее перспективных направлений создания новых конструкций.

Ценным достоинством книги является подробное изложение материала, посвященного пневматическим, электрическим и гидравлическим приводам с приведением их достоинств и недостатков, а также характеристик сопротивления движению деталей арматуры, что позволяет наиболее обоснованно выбрать способ управления ею.

Интересны воспоминания автора о различных арматурных историях, написанные хорошим литературным языком. Они помогут читателям почувствовать особенности различных жизненных ситуаций, когда в кратчайшие сроки нужно было находить зачастую нестандартные решения технических задач. Арматурные истории знакомят с соратниками, рядом с которыми автору довелось создавать новые конструкции и работать долгие годы.

Не сомневаюсь, что новая книга О.Н. Шпакова найдет многочисленных читателей среди студентов и преподавателей вузов, а также специалистов по изготовлению, эксплуатации, маркетингу и сбыту арматуры.

Доктор технических наук,
профессор кафедры теоретических основ
химического машиностроения
Санкт-Петербургского Государственного
технологического института
А.И. Мильченко

ОТ АВТОРА

Научно-промышленная ассоциация арматуростроителей, созданная в 1990 году, объединяет более 100 предприятий – разработчиков, производителей, фирм, продвигающих продукцию на арматурные рынки. Ассоциация представляет интересы своих участников в органах законодательной и исполнительной власти.

Ассоциация является участником Торгово-промышленной палаты России, Союза производителей нефтегазового оборудования, членом Европейского Комитета промышленной арматуры, выполняет ряд отраслевых функций, осуществляя программы работ по стандартизации, разрабатывая стратегию развития арматуростроения, политику борьбы с поддельной продукцией, собирает и анализирует статистические данные по производству. Ассоциация выполняет большой объем информационных услуг, создав и поддерживая отраслевой портал в интернете, издавая журнал, организуя регулярные научно-практические конференции и семинары.

Несмотря на издание в последнее время монографии С.В. Сейнова, ряда информационных выпусков по различным вопросам арматуростроения, организованных составителями и авторами С.В. Сейновым и А.И. Гошко, настоятельной необходимостью является издание справочного пособия, охватывающего в популярной форме основные разделы арматуростроения. Автор попытался отразить в книге последние достижения мирового опыта в этой области.

Автор выражает благодарность Е.Г. Пинаевой, Т.С. Скляровой, Н.Г Маяковской, Е.В. Харьковой, Э.И. Морозовой, Н.С. Ждановой и коллективу Исполнительной дирекции ассоциации, оказавшим большую помощь в подготовке рукописи. Автор также выражает признательность руководителям арматурных предприятий за содействие в издании книги.

Пожелания и замечания по книге просим направлять в Исполнительную дирекцию Научно-Промышленной Ассоциации Арматуростроителей: ул. Магнитогорская, 11, Санкт-Петербург, 195027, тел/факс: (812) 528 75 71, E-mail: npaa@npa-arm.org

Глава 1

ИЗ ИСТОРИИ АРМАТУРОСТРОЕНИЯ

Первая идея открывать и закрывать русло потока родилась у первобытного человека, который прекратил поступление воды, заткнув обработанной палкой отверстие в стене или своде пещеры. При необходимости пополнения запасов воды палка вынималась. Это был первый клапан, управляемый человеком.

За пять тысяч лет до новой эры описаны сооружения для организации водоснабжения в древних культурно развитых странах, например, Египте, Вавилоне, Китае с целью орошения и питьевого водоснабжения. Можно предположить, что для прекращения и распределения потоков, а также для исключения обратного потока применялись какие-то клапаны. Возможно, они выполнялись из дерева и были похожи на створки ворот, что дало основание назвать в английском языке задвижки «Gate valve» – «клапан – ворота».

В 450-е годы до новой эры упомянут акведук на Сицилии, а в 312 году – в Риме. В этих водопроводах применялись цилиндрические и конусные краны, а также обратные клапаны.

Развитие арматуры неразрывно связано с насосами, первым из которых считается цепной насос, используемый египтянами для подачи питьевой воды в Каир за 1700 лет до нашей эры. Уже в первых поршневых насосах, созданных за 200 лет до нашей эры греческим механиком Кжезибием и описанных в I веке нашей эры Героном Александрийским в труде «Пневматика», использовались откидные (поворотные) и дисковые клапаны, которые стали прототипами современных поворотных и подъемных обратных клапанов. Бронзовые и латунные пробковые краны использовались римлянами в качестве запорной арматуры в главных и распределительных системах водоснабжения. На рис. 1 изображен большой пробковый кран, найденный при раскопках остатков дворца императора Тиберия на Капри. Известны эскизы Леонардо да Винчи по разработке каналов, ирригационных систем и насосов, включающие арматуру.

Захлопки и дисковые клапаны, использовавшиеся греками и римлянами в водяных насосах, стали прототипами современных поворотных и подъемных обратных клапанов

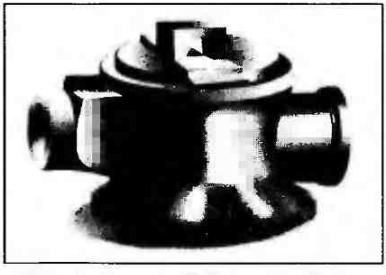

Рис. 1. Античный бронзовый кран

Изобретение в 1698 году Томасом Савери паровой машины «для подъема воды» и усовершенствованная в 1705 году Томасом Ньюкоменом ее конструкция ознаменовали начало промышленной революции, вызвавшей необходимость создания надежной промышленной

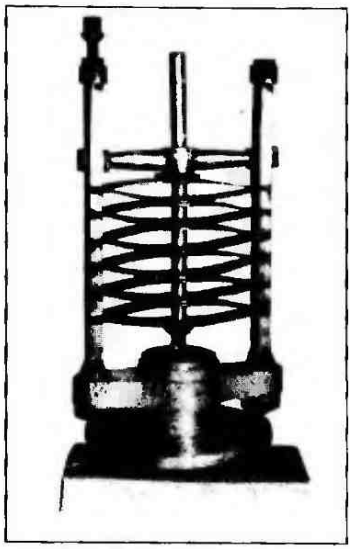

Рис. 2. Один из первых пружинных предохранительных клапанов (фото из Музея науки, Лондон)

арматуры и специализации при ее разработке и производстве. Изобретение Джеймсом Уаттом универсальных паровых машин и их широкое промышленное использование послужило толчком к созданию промышленной арматуры.

В 1862 году в Германии был выдан патент на клиновую задвижку.

В девятнадцатом столетии многие выдающиеся инженеры проявили свой талант в создании прогрессивных конструкций арматуры. Особенно заметный вклад внес Тимоти Хакворт, который установил регулируемые пружины вместо грузов на паровом предохранительном клапане, как показано на рис. 2. Этот клапан хранится в Музее Науки в Лондоне.

В 1886 году Джозеф Хопкинсон предложил параллельную задвижку, в которой уплотнение осуществлялось давлением среды на диск, – техническое решение, которое используется и сегодня.

Каждый новый проект требовал новой арматуры. Водопроводы городов, фонтаны загородных парков Версаля, Потсдама, Петродворца, Царского села, электростанции вызывали потребность в арматуре. Так, строительство в 1842 году Кротонской водопроводной станции для подачи воды Нью-Йорку на расстояние 35 миль вызвало к жизни строительство водопроводов других городов и создание нескольких арматуростроительных компаний.

В течение последних 70 лет было разработано много новых видов арматуры, чтобы обслуживать появившиеся вновь опасные технологические процессы. Традиционные задвижки и запорные клапаны совершенствовались в связи с появлением новых материалов, применением пластмасс и изделий из синтетического каучука. Были разработаны пробковые краны со смазкой, мембранные клапаны, шаровые краны и дисковые поворотные затворы, которые развивались и совершенствовались для удовлетворения растущих требований промышленного производства.

Конусные краны со смазкой получили широкое развитие в период Первой мировой войны благодаря усилиям Свена Нордстрома, шведского инженера, который стремился исключить протечки и залипание в обычных конусных кранах.

Мембранные (диафрагмовые) клапаны были впервые созданы в Южной Африке инженером Саундерсом, который, работая на золотых рудниках, столкнулся с чрезмерной утечкой сжатого воздуха в сальниках клапанов. В 1929 году он предложил использовать мембрану для

того, чтобы защитить исполнительный механизм и обеспечить герметичность в запирающем элементе, что обусловило широкое применение и развитие этих клапанов.

Краны с шаровыми пробками – относительно новый вид арматуры – впервые были применены на топливных системах самолетов в период Второй мировой войны. Шаровые краны получили дальнейшее развитие в послевоенные годы. В течение последних 40 лет появилось много изготовителей и разнообразных конструкций кранов. Новые улучшенные проекты способствовали большому разнообразию и расширению применения шаровых кранов фактически во всех производствах.

Впервые Джеймс Уатт использовал дисковый поворотный затвор в своем паровом двигателе. В первом автомобиле Мерседес, собранном в 1901 году, дисковый поворотный затвор, названный «дроссельная заслонка», с приводом от педали акселератора был применен в топливной системе. В первых дисковых поворотных затворах уплотнение осуществлялось «металл по металлу», но после Второй мировой войны благодаря появлению современных марок резин из синтетического каучука их применение во многих отраслях промышленности существенно расширилось. В последние двадцать лет дисковые поворотные затворы стали использоваться на более высокие давления и температуры. Эти конструкции известны как дисковые поворотные затворы для тяжелых условий работы. Конструктивно они выполнены с эксцентричным расположением диска относительно вала или цапф.

ИСТОРИЯ ОТЕЧЕСТВЕННОГО АРМАТУРОСТРОЕНИЯ

В 1878 году в Санкт-Петербурге на Каменноостровском проспекте саксонским промышленником Грошем был основан небольшой литейно-арматурный заводик. В 1887 году завод покупает немецкий подданный, коммерции советник Рихард Лангензипен. Продукция завода в короткий срок становится известной в России и за рубежом. Это – трубопроводная, котельная, пожарная арматура, насосы, медные трубы, пожарные краны, манометры, медная посуда в основном для военного ведомства.

Завод Лангензипена интенсивно развивался, перестраивался. В 1895 году на нем работало 650 человек.

Кроме завода Лангензипена в Санкт-Петербурге арматуру изготавливали предприятия Михоэля и Нобеля.

Несколько позже в Москве организуется производство аналогичной продукции на заводах Вартце и Мак Гиль, манометров на заводе Гаккенталь и К°, санитарно – технической арматуры на заводах Дергачева и Гаврилова, а также Ефремова. В целом по уровню промышленного производства Россия (в нее входили Финляндия, Польша, Малороссия, Белоруссия, Туркестан, Прибалтика) занимала 4-е место в Европе и 5-е в мире, уступая по важнейшим показателям таким странам, как США, Германия, Великобритания, Франция.

В 1911 году организуется АО «Лангензипен и К°». Предприятие бурно развивается, открывает отделения в Москве, Риге, Киеве, Вар-

шаве, Харькове и представительства в других городах. Его продукция завоевывает золотые награды на выставках в Милане, Казани, Полтаве, Юрьеве, Одессе, Омске, Царском селе. Продукция была непростой и могла бы сделать честь многим нынешним арматурным предприятиям: это шаровые самозапорные клапаны для паропроводов DN 25 – 250, PN 8; «продувательный» клапан для котлов DN 25 – 80, PN 25; редукционные клапаны системы Розенкранц DN 15 – 150, PN 20; бронзовые запорные клапаны DN 8 – 20, PN 450; гидравлические пружинные предохранительные клапаны DN 6 – 15, PN 600, чугунные задвижки Лудло DN 50 – 400, PN 10, 16 и др. (рис. 3).

В апреле 1912 года Лангензипен покупает несколько корпусов завода Тильманса в Школьном переулке, 5, за Нарвской заставой (ныне территория АО «Армалит»). Сюда переводится большая часть литейного производства, а на Петербургской стороне остаются механические мастерские, часть чугунолитейного производства, склады готовой продукции. АО выпускает ежедневно чугунного литья 1000 пудов, бронзового литья 200 пудов. На заводах имеется четыре вагранки, пять печей Баумана, вращающаяся печь, 36 формовочных машин, 540 станков. Количество работающих превышает 1300 человек.

Руководство АО уделяет серьезное внимание техническому прогрессу. В каталоге 1912 года можно найти продукцию, изготавливаемую по изобретениям. Это «продувательный» клапан для котлов «оригинал Либерман», конденсационный горшок «Эклепс» (привилегия инженера Хлебникова), редукционные клапаны системы

Акціонерное Общество ЛАНГЕНЗИПЕНЪ и К° въ С.-Петербургѣ

ОТДѢЛЕНІЯ въ Москвѣ, Ригѣ, Кіевѣ, Варшавѣ и Харьковѣ.

Чугунные клапаны сист. „Лудло"

для паро-, газо-, водо- и нефтепроводовъ.

Фиг. 20

Фиг. 21

Клапаны „Лудло" изготовляются:

нормальной модели — для пробнаго давленія до 20 атм.

тяжелой „ „ „ „ „ 30 „

съ чугун. корпусомъ и желѣзнымъ шпинделемъ для газо- и нефтепроводовъ,

съ чугуннымъ корпусомъ, бронзовыми сѣдалищными кольцами и желѣзнымъ или бронзовымъ шпинделемъ для водо- и паропроводовъ.

РАЗМѢРЫ и ЦѢНЫ

Діам. прохода	мм.	50	60	75	80	100	125	150	175	200	225	250	275	300	325	350	400
	дюймы	2	2½	3	3½	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	16

Рис. 3. Чугунные клапаны системы Лудло
(таблица 52, фиг. 20, 21 из каталога АО «Лангезипен и К°», 1912 год)

Розенкранц, Зальцман и др. К 1912 году относится производство первой задвижки Лудло Георгиевским чугунолитейным и механическим заводом, основанным в 1907 году. За первое полугодие 1913 года этот завод изготовил 200 задвижек. Средний выпуск арматуры, приходящийся на один завод, составлял в 1912 году 70 тонн в год.

В 1918 году большинство заводов было национализировано и остановилось.

В 1921 году арматурное производство начало оживать. На заводах Лангензипена работают 66 рабочих и 11 технических работников. Завод переводится на хозрасчет. В 1922 году он переименовывается в Государственный Петроградский арматурный завод «Знамя Труда». На 30 сентября 1922 года на двух территориях завода числилось уже 250 рабочих и 30 служащих.

Рис. 4. Первая крупная задвижка, собранная на заводе «Знамя Труда», 1923 год

В 1923–1924 хозяйственном году производство арматуры в сопоставимых ценах увеличилось втрое по сравнению с предыдущим периодом (рис. 4).

25 сентября 1923 года оформляется Московский арматурный трест в составе заводов «Манометр» (бывший «Гаккенталь и К°»), им. Е. Маленкова (бывший «Вартце и Мак Гиль») и «Арматура» (бывший «Дергачев и Гаврилов»).

2 сентября 1924 года образуется трест «Знамя Труда» в составе механического завода на Петроградской стороне и чугуномеднолитейного завода за Нарвской заставой Ленинграда.

В декабре 1929 года в трест «Знамя Труда» включается завод «Красный судостроитель» им И.И. Лепсе, а в мае 1930 года – завод «Пелла».

В 1928–1933 годах была не только решена задача возрождения арматурного производства, но и осуществлено формирование арматуростроения как отрасли, включающей ряд специализированных заводов.

В октябре 1930 года Московский и Ленинградский арматурные тресты ликвидируются, а входящие в них предприятия включаются в Республиканский арматурный трест «РОСАТ». Местонахождением Правления треста определяется Ленинград. Техническим директором треста назначается талантливый инженер, получивший высшее образование в Бельгии, Яков Семенович Постернак. Он посвятил свою жизнь арматуре, руководил разработкой планов развития арматуростроения, разработкой стандартов, кодирования и классификации, созданием первых советских каталогов, являлся основателем Проектно – конструкторской конторы, созданной при «РОСАТ» в декабре

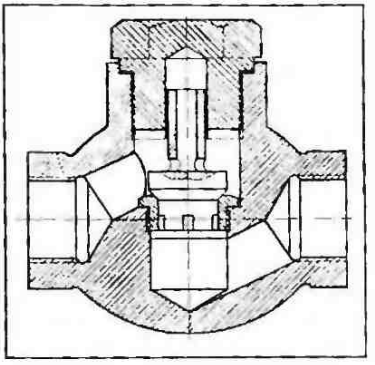

Рис. 5. Кованый обратный клапан PN 25 МПа (Каталог Главармалита, 1936 год)

1932 года на правах самостоятельного предприятия (носившей название «Армконструктор») и образованного на базе ПКК в мае 1945 года Центрального конструкторского бюро арматуростроения.

В 1928 году водяные задвижки DN 500, 600 и 700 мм треста «Знамя Труда» оснащаются электроприводами. Время закрытия задвижек вручную составляло 30 минут, а электроприводом – 1,5 минуты. В 1932 году завод им. Молотова (ныне «Армалит») изготавливает для Кузнецка и Магнитки газовые задвижки DN 1500; 1700; 2200; 2400 мм. Их обозначали ГМК – газовая Магнитка, Кузнецк. Высота задвижки диаметром 2200 составляла 7 м, а 2400 – 10 м.

В состав «РОСАТ» кроме упомянутых заводов включались завод «Сан Галли» (ныне «Бумммаш»), заводы в Москве – «Арматура», 2-й арматурный, «Трубосоединение», «Манометр», №7, Краснопресненский, заводы в Коломне, Харцизске, с 1935 года – Мышегский завод в Алексине тогда Московской области (ныне Алексинский завод «Тяжпромарматура»), Георгиевский им. Ленина, Ливненский, Елецкий, Вятский металлист, Уфимский, Верхнеудинский, Кусинский, Любохонский, Кролевецкий. Всего на предприятиях «РОСАТ» в 1934 году работало более 11 300 человек.

В 1933 году на заводе «Знамя Труда» было освоено производство стальной кованой арматуры. В 1934 году завод изготовил для Березниковского химического комбината стальные запорные и обратные клапаны на давление 300 атм и температуру 550°С (рис. 5).

С 1935 года «РОСАТ» ликвидируется и все предприятия переходят в Главное управление арматурной и литейной промышленности (Главармалит) сначала Народного Комиссариата тяжелой промышленности, а затем – общего машиностроения (рис. 6).

В 1940 году по общему объему производства СССР вышел на первое место в Европе и второе в мире. В стране были созданы станкостро-

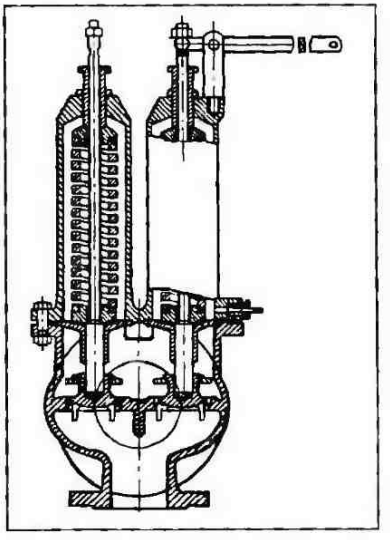

Рис. 6. Двойной предохранительный клапан PN 6,5 МПа (Каталог Главармалита, 1936 год)

ительная, авиационная, автомобильная, тракторная, химическая отрасли промышленности. В строй действующих введены 9 000 крупнейших предприятий.

Заводов, производящих арматуру, было 29, из них специализированных – 9. Средний выпуск одного завода составлял 370 т в год. По сравнению с 1913 годом производство арматуры к 1940 году возросло в 6 раз. Коренным образом изменилась и номенклатура продукции. Преобладающее значение приобретает промышленная арматура (рис. 7).

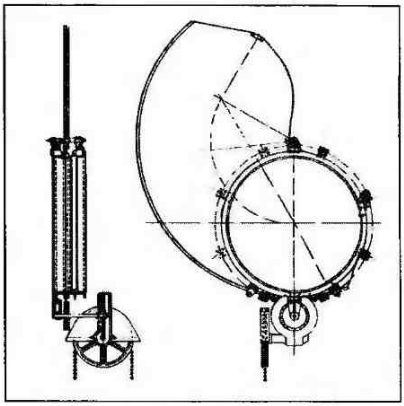

Рис. 7. Задвижка газовая ГШ (с качающимся шибером) DN 2300 (Каталог Главармалита, 1937 год)

Дальнейшее мирное развитие страны прервала Вторая мировая война. Тем не менее, в 1941 году образуется Пензенский арматурный завод, в 1942 году первую задвижку изготавливает Благовещенский завод.

Послевоенные годы были потрачены на восстановление народного хозяйства. К изготовлению арматуры и приводов подключаются предприятия, освободившиеся от изготовления оборонной продукции – Киевский арматурно-машиностроительный, Гусь-Хрустальный «Красный Профинтерн», Ханинский арматурный и др.

В 1949 году Председатель Совета Министров, первый секретарь ЦК ВКП(б) И. Сталин подписал постановление о строительстве трёх мощных арматурных заводов. Уже в 1951 году начал выпуск продукции пока на арендованных площадях 2-й Пензенский арматурный завод (позже «Пензтяжпромарматура»), а в 1954 году – Курганский арматурный завод.

В 50-х годах объем производства машиностроения, химии и нефтехимии, электроэнергетики увеличился в 4–5 раз. В этот период во всем мире происходила научно-техническая революция.

Проектированием арматуры и приводов в то время кроме ЦКБА занимались КБ по проектированию промышленной арматуры (КБ ППА), организованное в августе 1952 года на базе Государственного союзного московского арматурного завода им. Е. Маленкова (ныне Московское ЦКБА) и отдел арматуры Гипронефтемаша под руководством Леонида Васильевича Колотилова.

КБ ППА проектировало конические и шаровые краны для систем газоснабжения и магистральных газопроводов. Им был спроектирован единственный в мире конический кран со смазкой DN 700, PN 64, освоенный Мышегским арматурным заводом (ныне Алексинский арматурный завод»Тяжпромарматура»), первые гермоклапаны для систем вентиляции, самые крупные в мире в то время шаровые краны DN 1000 и 1200 на PN 64.

Гипронефтемашем спроектированы ряды задвижек КЗЛ, ЗКЛ, ЗКС, ЗШХ, ЗКЛПЭ, кранов КПМ, КСР, КРП, КЦО, КППК, КТС, обратных клапанов ОКП, КП, КОП, предохранительных клапанов ППК, СППК, ПДРК, клапанов запорных ВУС, ВХ, ВПМ, ВПФ, электроприводов ЭПВ и др., изготавливаемых на Благовещенском арматурном, Юго-Камском машиностроительном и других заводах.

Для Венюковского (Чеховского), Барнаульского и Таганрогского заводов арматуру и приводы проектировали ЦКТИ, МО ЦКТИ, ВНИИНМАШ.

К 1958 году число заводов, занятых производством арматуры, увеличилось до 128, из них специализированных – до 37. Общий выпуск арматуры в весовом исчислении в 1955 году превысил соответствующий показатель 1940 года в 13,7 раз, а в 1958 – почти в 20 раз. Удельный вес стальной арматуры вырос на 36%.

На заводе «Знамя Труда» было организовано производство стальных запорных клапанов на давление 200 МПа, освоено изготовление сварных и цельнотянутых многослойных сильфонов из нержавеющих сталей.

Прирост производства арматуры был в основном получен от действующих арматурных заводов, превратившихся в крупные заводы массового производства и оснащенных современным специальным оборудованием.

В декабре 1958 года Советом Министров СССР принимается постановление «Об увеличении производства трубопроводной арматуры». Им предусматривалось специализировать на производстве арматуры дополнительно ряд заводов, создать мощности по производству электроприводов и соленоидов, увеличить численность ЦКБА на 200 человек, возложить на него функции головной организации по вопросам дальнейшей специализации арматурных заводов, установить, что, начиная с 1960 года, выпуск трубопроводной арматуры общего назначения производится только по технической документации, согласованной с ЦКБА.

В 1962 году был создан Московский, а в 1964 году – Пензенский и Украинский филиалы ЦКБА. УФ ЦКБА поручили создание арматуры для космических объектов. С этой задачей арматуростроители блестяще справились. Руководители организации И.Р. Кричкер, а затем Б.В. Кармугин, В.А. Ананьевский создали новый коллектив, организовали обучение сотрудников, оснастили лаборатории. В результате появилось новое направление в арматуростроении – космическое, были созданы малогабаритные агрегаты, блоки и элементы автоматики, которые успешно эксплуатировались на межпланетных станциях «Венера», «Вега», «Фобос», «Астрон», космических орбитальных станциях «Салют», «Мир», кораблях «Союз» и других.

В 1965 году арматурные заводы вошли в подчинение Министерства химического и нефтяного машиностроения СССР. За 20 лет удалось провести реконструкцию и техническое перевооружение 17 предприятий, построить 8 новых мощных арматурных заводов.

Проводится реконструкция и новое строительство Запорожского, Кролевецкого, Бологовского, Семипалатинского и других заводов, чу-

гунная и цветная арматура стала изготавливаться десятками миллионов штук. Для решения задач развития химической, нефтехимической, газовой и нефтяной промышленности, выполнения оборонных заказов осуществляется строительство Конотопского, Ивано-Франковского, Усть-Каменогорского, Новгородского арматурных заводов, реконструируются заводы «Знамя труда», завод имени И.И. Лепсе, «Пензтяжпромаратура», Георгиевский завод имени Ленина, Благовещенский завод, Курганский арматурный и другие.

В 1950–1960-е годы арматурными КБ и заводами была проведена громадная работа по разработке и освоению в производстве арматуры и приводов для атомных электростанций и корабельных установок. ЦКБА и его филиалами была создана арматура для атомного ледокола «Ленин». Большинство арматуры для него было поставлено заводом «Знамя Труда». Родилось целое направление по атомной арматуре.

Для бурно развивающихся магистральных газо- и нефтепроводов создаются комплексы крупногабаритной арматуры диаметрами до 1400 мм на давление до 80 атм. Для выполнения этих программ на Алексинском арматурном заводе «Тяжпромарматура» строится громадный комплекс цехов с импортными обрабатывающими центрами и гальваникой. В Казахстане в короткие сроки возводится Усть-Каменогорский арматурный завод с мощным литейным производством.

8 декабря 1991 года прекратил существование СССР. Получив всю полноту власти, российское руководство с первых дней 1992 года приступило к проведению экономической реформы. Второго января было объявлено о либерализации цен, что в условиях монопольного характера экономики и товарного голода привело к их многократному росту, а также к обесцениванию денег на счетах предприятий и вкладов населения в Сбербанке. Практически одновременно началась форсированная приватизация государственной собственности, во многих случаях не подкрепленная необходимыми правовыми актами. Приватизация не только не способствовала оживлению промышленного производства, но, напротив, привела к свертыванию целых отраслей промышленности, породила такие явления, как коррупция, отток отечественных капиталов за рубеж и другие злоупотребления.

В 1995 году уровень ВВП снизился по сравнению с 1990 годом на 40%. Особенно ощутимым было сокращение производства в машиностроении и легкой промышленности, что обусловлено низкой конкурентоспособностью производимой ими продукции. В результате инфляции курс рубля упал в течение 5 лет (с весны 1992 до весны 1997 года) с 300 до 4700 рублей за один доллар США. Усилилась финансовая зависимость страны от международных финансовых организаций и наиболее развитых государств Запада. Углублялся экономический кризис.

В 1996–1999 годах производство арматуры стабильно составляло 30% уровня 1990 года. Менялась структура продукции – резко сократилось количество производимых чугунных клапанов, кранов и задвижек, а также наукоемкой продукции, возросло производство

стальных задвижек, шаровых кранов и дисковых затворов. В 2000 году в связи с общим подъемом народного хозяйства России производство арматуры и приводов выросло на 37%, достигнув 50% уровня 1990 года. В 2001 и 2002 годах это производство несколько сократилось.

Отечественному арматуростроению необходимо направить усилия на ускорение интеграции в мировой арматурный рынок, быть готовым к жесткой конкурентной борьбе. Конечно, заранее все не предусмотреть, однако полезно использовать опыт прибалтийских стран. Более 50 крупных фирм из Германии, Финляндии, Чехии, Дании, Бельгии, Нидерландов, Швеции, Австрии, Испании, Швейцарии, Италии, Хорватии, Словении, Франции, Польши и других стран заняли арматурный рынок Латвии. Все крупные поставки арматуры проводятся только на конкурсной основе. Повышаются требования к арматурной продукции. Сейчас уже недостаточно иметь сертификаты ИСО 9001 и 9002. Требуется наличие сертификатов по пожарной безопасности по британскому стандарту 6755/2, DVGV и других на арматуру для нефти и газа, гигиенические сертификаты для питьевой воды и продуктов питания, CE сертификаты для электроприводов, отдельные сертификаты на материалы, литье и пр., протоколы заводских испытаний, референц-листы и описания технологических процессов, значительно повысить требования к внешнему виду и качеству окраски (покрытия). Необходимо расширить набор рекламной информации – создать генеральные каталоги, проспекты, буклеты, плакаты, CD-диски с полной номенклатурой, ценами, описанием системы скидок. Немаловажным фактором является контролируемая отсрочка платежей при оптовых поставках. Гарантийный срок должен быть увеличен до 3–5 лет.

Не следует также ждать от заказчика заявок на проектирование с указанием потребности в продукции. Нужно самостоятельно принимать решение, что предложить потребителю, причем это должны быть испытанные в условиях, близких к эксплуатационным, образцы, а продукция должна быть конкурентоспособной по мировым ценам.

Выводы

Промышленная революция 18-го и 19-го столетий обусловила ускоренный темп развития проектирования и изготовления арматуры, чтобы обеспечить новые требования промышленности. Особенно бурно арматуростроение развивалось во второй половине 20-го столетия в связи с появлением более сложных производств и использованием материалов, способных к работе при высоких давлениях, температурах и в новых средах.

Глава 2

ТЕРМИНОЛОГИЯ

Арматура промышленная трубопроводная – устройства, устанавливаемые на трубопроводах и емкостях и предназначенные для управления (отключения, распределения, регулирования, впуска или выпуска, смешивания, фазоразделения) потоками рабочих сред путем изменения площади проходного сечения.

Наиболее распространены пять основных видов арматуры, которые различаются в зависимости от перемещения запирающего или регулирующего элемента относительно направления движения потока среды. Основные виды арматуры представлены на рис. 8.

1. *Задвижки* – арматура, в которой запирающий элемент перемещается по прямой линии перпендикулярно направлению движения рабочей среды потока.

2. *Запорные и регулирующие клапаны* – арматура, в которой запирающие или регулирующие элементы перемещаются по прямой линии параллельно направлению оси потока, проходящего через проходное сечение.

3. *Пробковые, включая шаровые, краны* – арматура, в которой запирающий или регулирующий элемент, имеющий форму тела вращения или его части, поворачивается вокруг собственной оси, произ-

Направление движения запирающего элемента	Прямолинейное		Вращательное		Деформация упругой мембраны или патрубка
Направление движения потока	Под прямым углом к направлению движения запирающего элемента	По направлению движения запирающего элемента	Через запирающий элемент	Вокруг запирающего элемента	В зависимости от конструкции
Конструктивная схема					
Базовые виды	Задвижки	Клапаны запорные	Краны	Затворы дисковые	Клапаны мембранные и задвижки шланговые

→ Направление движения среды
→ Направление движения запирающего элемента

Рис. 8. Базовые конструкции арматуры

вольно расположенной по отношению к направлению потока рабочей среды. Повороту запирающего или регулирующего элемента может предшествовать его возвратно-поступательное движение.

4. *Затворы дисковые поворотные* – арматура, в которой запирающий или регулирующий элемент поворачивается вокруг оси, не являющейся его собственной осью и расположенной под прямым углом к направлению потока рабочей среды, проходящей через проходное сечение.

5. *Мембранная (диафрагмовая) арматура* – арматура, в которой запирающий или регулирующий элемент выполнен в виде гибкой мембраны или эластичного патрубка (в последнем случае – в шланговых задвижках), которые обеспечивают при деформации гибкой диафрагмы или патрубка герметизацию относительно внешней среды и уплотнение в затворе.

Арматура, используемая в промышленности, может быть разделена на арматуру с линейным перемещением запирающего или регулирующего элемента, как правило, многооборотную, и с вращательным (на четверть оборота) перемещением (табл. 1).

Главная особенность арматуры с линейным перемещением – возможность достижения высокой герметичности в затворе в пределах прочности применяемых материалов и конструкций путем приложения достаточного усилия на шпинделе.

Арматура с вращательным перемещением, с другой стороны, обычно простая, легкая, что позволяет включать ее в автоматизированные системы и выполнять в многоходовом исполнении. Арматура, в которой запирающий или регулирующий элемент вращается относительно оси на четверть оборота, быстро переводится из положения «открыто» в положение «закрыто» и наоборот, а расположение рукоятки показывает степень перекрытия прохода.

Имеется также много уникальных конструкций, предназначенных для специфических применений или выполненных в блочном исполнении, использующем особенности различных видов арматуры для улучшения эксплуатационных характеристик.

Различные типы арматуры применяются для выполнения следующих функций:

1) *запорная арматура* предназначена для использования в открытом или закрытом положении;

2) *регулирующая арматура* предназначена для использования во всех позициях между полностью открытым и полностью закрытым положениями;

Таблица 1

Арматура с линейным перемещением запирающего или регулирующего элемента	Арматура с вращательным перемещением запирающего или регулирующего элемента
Задвижки, включая шланговые	Краны конические, цилиндрические или шаровые
Клапаны мембранные	
Клапаны запорные, регулирующие и прочие	Затворы дисковые с валами или цапфами, соосными с дисками или расположенными эксцентрично

3) *автоматически действующая регулирующая арматура* используется для изменения параметров среды в системах управления производственными процессами путем изменения ее расхода. Она состоит из клапана, связанного с приводом (исполнительным механизмом), который изменяет положение регулирующего элемента по сигналу системы управления;

4) *предохранительная арматура* предназначена для автоматической защиты оборудования и трубопроводов от недопустимого повышения давления путем сброса среды из емкостей с последующим закрытием для предотвращения дальнейшего выпуска среды после того, как нормальное давление восстановлено;

5) *обратная арматура* предназначена для автоматического предотвращения обратного потока рабочей среды. Она автоматически открывается при движении потока в заданном направлении и закрывается при изменении направления его движения в обратном направлении;

6) *распределительная и смесительная арматура* предназначена для распределения потока по определенным направлениям или для смешивания потоков. Имеет более двух присоединительных патрубков;

7) *арматура многофункциональная* – арматура, которая может использоваться для выполнения нескольких функций. Как правило, проектируется в блочном исполнении;

8) *конденсатоотводчики* – фазоразделительная арматура, предназначенная для отвода конденсата водяного пара.

Глава 3

ОБОЗНАЧЕНИЕ АРМАТУРЫ И ПРИВОДОВ

ТЕКСТОВЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

Действующие ранее ГОСТы предусматривали условные обозначения арматуры, состоящие из наименования, номера конструктивного типа (римские цифры I, II и т. д.) и исполнения (заглавные буквы А, Б, В и т. д.), диаметра условного прохода в мм, условного давления в кгс/см^2 и номера ГОСТ. Например, клапан запорный II-А-50-40 ГОСТ 9659–66. Эти стандартные обозначения часто используются проектировщиками. Однако в каталогах на арматуру и приводы, в номенклатуре предприятий, на рынке арматуры применяют не стандартные, а отраслевые условные обозначения – известные всем таблицы/фигуры. Такая система обозначений была введена в практику еще в XIX веке первыми российскими каталогами, издаваемыми родоначальником отечественной арматуры – санкт-петербургской фирмой «Лангензипен». В ее каталоге было написано: «Для исключения возможных ошибок, а также для ускорения удовлетворения заказчиков ответом по запросам и заказам во всех запросах и заказах надлежит обязательно указывать таблицы, фигуры и размеры изделий, руководствуясь настоящим каталогом». В каталоге давалась пронумерованная таблица с диаметрами условных проходов, размерами и ценами и печатался чертеж изделия, обозначенный номером, например, фиг. 30. Таблицы/фигуры дополнялись при издании всех арматурных каталогов.

В дальнейшем, впервые при издании каталога Главгидромаша Министерства машиностроения и приборостроения СССР, начиная с 1933 года, количество таблиц увеличилось, и каждая из них содержала информацию об особенностях арматуры. Часть обозначений сохранилась до сих пор, а другие изменялись, отражая развитие техники и появление новых материалов. Следует отметить, что нормативных документов, регламентирующих содержание или требования к помещаемым в таблицах сведениям, никогда не существовало. Даже в период появления вычислительных центров Госплана и Госснаба СССР, когда первые ЭВМ не могли распознавать буквенные индексы, требования перейти на цифровые обозначения встретили суровый отпор со стороны планирующих и распределяющих государственных органов. Центральному конструкторскому бюро арматуростроения ЛНПОА им. И.И. Лепсе было поручено выдавать номера таблиц/фигур каждому исполнению новой продукции, а изготовителям предписано получать эти обозначения. До начала 90-х годов прошлого столетия таблица/фигура совершенно определенно соответствовала производимой продукции.

После исчезновения государственной системы СССР появилось много новых производителей, начавших самостоятельно присваивать номера таблиц/фигур (т/ф) любой арматурной продукции, причем эти обозначения уже не соответствовали свойствам конкретной арматуры и зачастую использовались для обозначения продукции, пользующей-

ся спросом, без соблюдения какой-либо системы. Например, если раньше т/ф 30с41нж принадлежала только задвижкам PN 1,6 МПа Львовского арматурного и Бежицкого сталелитейного заводов, то в настоящее время под этим наименованием изготавливаются задвижки на разные давления многими предприятиями, причем с первоначальным проектом не имеющие ничего общего. Таким образом, обозначения, используемые сегодня, не отражают конкретные технические данные предлагаемой на рынке продукции.

Таблицы/фигуры в сочетании с диаметром условного прохода и условным давлением содержали довольно большой объем информации (табл. 2–5):

- конструктивный тип;
- материал корпусных деталей;
- материал деталей уплотнения;
- материал внутреннего покрытия корпуса;
- две цифры обозначали порядковый номер по книге регистрации ЦКБА;
- если цифра трехзначная, то первая цифра определяла тип привода.

В каталоге Главгидромаша присутствовали таблицы/фигуры, исключенные из более поздних изданий. Например, для обозначения арматуры использовались кроме названных т/ф, дополнительно т/ф 20с2нж, 20с4нж (клапаны перепускные), 26Б6бк, 26ч12нж, 26с20нж (регуляторы уровня), 46ч5бк (водоотделитель), 46ч11бк (маслоотделитель), 68с100нж (устройство для манометров); электроприводы имели условное обозначение 87.

Иногда после букв, определяющих материал уплотнения, ставят цифры, обозначающие вариант конструктивного исполнения. Например, 15с922нж1 означает: 15 – клапан запорный, с – стальной, 9 – с электроприводом, 22 – порядковый номер по книге регистрации, нж – материал уплотнения, 1 – конструктивное исполнение.

Несмотря на то, что и терминология, и состав арматуры изменились, кроме того, отсутствуют некоторые важные виды арматуры (например, шаровые краны), таблицы/фигуры пережили не одно поколение арматуростроителей и ее потребителей. По-видимому, эта система для некоторых видов арматуры, в частности, пользующейся спросом, просуществует еще долгое время, поскольку пока не предложено и не принято обязательных для всей отрасли других систем обозначения арматурной продукции.

Теперь можно определить легитимность обозначения предприятием продукции таблицей/фигурой. Для этого достаточно запросить письмо ЦКБА (ЛНПО «Знамя Труда») или завода, зарегистрировавшего обозначение своего изделия, о присвоении номера таблицы/фигуры. Если такого документа нет, значит, предприятие самостоятельно взяло номер таблицы/фигуры, как правило, на арматуру, пользующуюся спросом. В качестве примера можно привести такое новое обозначение: «Кран шаровой 11с67п (КЗШс41нж)». Специалисту трудно понять, какая система обозначения принята предприятием. Может быть, используется часть обозначения популярной задвижки 30с41нж?

Таблица 2

Условные обозначения вида арматуры

Вид арматуры	Условное обозначение
Кран пробно-спускной	10
Кран трубопроводный	11
Запорное устройство указателя уровня	12
Вентиль	13, 14, 15
Клапан обратный подъемный и приемный с сеткой	16
Клапан предохранительный	17
Клапан обратный поворотный	19
Регулятор давления	21
Клапан запорный и отсечной	22
Клапан регулирующий	25
Клапан смесительный	27
Задвижка	30, 31
Затвор	32
Конденсатоотводчик	45

Таблица 3

Условные обозначения материала корпуса арматуры

Материал корпуса	Условное обозначение
Углеродистая сталь	с
Легированная сталь	лс
Коррозионно-стойкая сталь	нж
Серый чугун	ч
Ковкий чугун	кч
Бронза, латунь	Б
Алюминий	а
Монель-металл	мн
Пластмассы (кроме винипласта)	п
Винипласт	вп
Керамика, фарфор	к
Титан	т
Стекло	ск

Таблица 4

Условные обозначения типа привода

Тип привода	Условное обозначение
Под дистанционное управление	0
Механический с червячной передачей	3
То же с цилиндрической зубчатой передачей	4
То же с конической передачей	5
Пневматический	6
Гидравлический	7
Электромагнитный	8
Электрический	9

Таблица 5

Условные обозначения материала уплотнительных поверхностей

Материал уплотнительных поверхностей	Условное обозначение
Латунь, бронза	БР
Монель-металл	МН
Коррозионно-стойкая (нержавеющая сталь)	НЖ
Азотированная (нитрированная) сталь	НТ
Баббит	БТ
Стеллит	СТ
Сормайт	СР
Кожа	К
Эбонит	Э
Резина	Р
Пластмассы (кроме винипласта)	П
Винипласт	ВП
Фторопласт	ФТ

Таблица 6

Условные обозначения внутреннего покрытия корпуса

Способ нанесения внутреннего покрытия	Условное обозначение
Гуммирование	гм
Эмалирование	эм
Свинцевание	св
Футерование пластмассой	п
Футерование найритом	н

В Минхиммаше существовало еще несколько систем обозначения чертежей и разработчиков. Так, по буквам, с которых начиналось обозначение номера чертежа, можно определить предприятие или отдел ЦКБА, разработавшего конструкцию изделия. Одна или две буквы в номере чертежа присвоены следующим предприятиям:

МА – Алексинский арматурный завод «Тяжпромарматура»;

БА – Благовещенский арматурный завод;

ВД – Верхнеднепровский чугунолитейный завод;

ГЛ – Георгиевский арматурный завод им. Ленина;

КП – Гусь-Хрустальный арматурный завод «Красный Профинтерн» («Армагус»);

ДР – Днепропетровский ремонтный завод;

ДА – Дунаевецкий арматурный завод;

ДЗ – Душанбинский арматурный завод;

ЕЗ – Елабужский арматурный завод;

ЕА – Ереванский арматурный завод;

ЗА – Запорожский арматурный завод;

АЗ – Закарпатский арматурный завод;

ИА – Ивано-Франковский арматурный завод;

АК – Конотопский арматурный завод;

КТ – Котельниковский арматурный завод;
КА – Кролевецкий арматурный завод;
КЗ – Курганский арматурный завод «Икар»;
ЛА – Прикарпатпромарматура (Львовский арматурный завод);
ЛЗ – Льговский арматурный завод;
НА – Наманганский машиностроительный завод;
НГ – СКТБ «Спецпромарматура», МК «Сплав» (Великий Новгород);
МЗ – Миргородский арматурный завод;
РХ – Ригахиммаш («РИНАР»);
СМ – Салаватский машиностроительный завод;
СЗ – Семеновский арматурный завод;
АС – Семипалатинский арматурный завод;
СА – Славгородский арматурный завод;
ТЭ – Тулаэлектропривод;
УЛ – Уральский арматурный завод;
УК – Усть-Каменогорский арматурный завод;
СК – Киевпромарматура («АРМА-КЛАПАН»);
ПТ – «Пензтяжпромарматура»;
МФ – Московское ЦКБА;
ПФ – Пензенское конструкторско-технологическое бюро;
УФ – Киевское ЦКБА;
Л – отдел задвижек ЦКБА;
И – отдел предохранительных и регулирующих клапанов ЦКБА;
М – отдел кранов ЦКБА;
П – отдел неметаллической арматуры и арматуры с покрытием ЦКБА;
К – отдел затворов дисковых поворотных и обратных ЦКБА;
С – отдел клапанов запорных и клапанов обратных подъемных среднего давления ЦКБА;
У – отдел клапанов запорных и клапанов обратных подъемных низкого давления ЦКБА;
Т – отдел электромагнитной арматуры ЦКБА;
Б – отдел приводных устройств ЦКБА.

Две первые цифры говорят о виде и исполнении изделия (ОСТ 2607 2046):

ЗАДВИЖКИ

11 – задвижка с цельным или упругим клином с выдвижным шпинделем;

12 – задвижка с цельным или упругим клином с невыдвижным шпинделем;

13 – задвижка двухдисковая с выдвижным и невыдвижным шпинделем;

14 – задвижка самоуплотняющаяся с выдвижным шпинделем;

15 – задвижка самоуплотняющаяся с невыдвижным шпинделем;

16 – задвижка распорная с выдвижным шпинделем;

17 – задвижка распорная с невыдвижным шпинделем;

18 – задвижка с винтовым или рычажным прижимом с выдвижным шпинделем;

19 – задвижка шиберная;

КЛАПАНЫ

21 – клапан запорный сальниковый проходной с резьбой шпинделя вне среды;

22 – клапан запорный сальниковый проходной с резьбой шпинделя в среде;

23 – клапан запорный сальниковый угловой с резьбой шпинделя вне среды;

24 – клапан запорный сальниковый угловой с резьбой шпинделя в среде;

25 – клапан запорный сальниковый трехходовой с резьбой шпинделя в среде и вне среды;

26 – клапан запорный бессальниковый проходной, сильфонный, мембранный и др.

27 – клапан регулирующий и дроссельный проходной;

28 – клапан регулирующий и дроссельный угловой;

29 – клапан запорный бессальниковый угловой сильфонный и трехходовой, мембранный, баллонный;

КРАНЫ

31 – кран натяжной несмазываемый и со смазкой проходной;

32 – кран натяжной несмазываемый и со смазкой трехходовой;

33 – кран сальниковый несмазываемый проходной;

34 – кран сальниковый несмазываемый трехходовой;

35 – кран сальниковый смазываемый проходной;

36 – кран сальниковый смазываемый трехходовой;

37 – кран пробно-спускной;

38 – кран для указателей уровня;

39 – кран шаровый, четырехходовой и др.

КЛАПАНЫ И ЗАТВОРЫ ОБРАТНЫЕ

41 – клапан обратный подъемный проходной;

42 – клапан обратный подъемный угловой;

43 – клапан обратный подъемный вертикальный;

44 – затвор обратный поворотный однодисковый;

45 – затвор обратный поворотный многодисковый;

46 – клапан обратный приемный с сеткой;

47 – затвор обратный поворотный грейферный;

КЛАПАНЫ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫЕ И ПЕРЕПУСКНЫЕ, ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА

51 – клапан предохранительный малого подъема рычажный одинарный;

52 – клапан предохранительный малого подъема рычажный двойной;

53 – клапан предохранительный малого подъема пружинный;

54 – предохранительные устройства;

55 – клапан предохранительный высокого и полного подъема пружинный;

56 – клапан предохранительный высокого и полного подъема импульсный (для главного);

57 – главный предохранительный клапан со встроенным импульсным устройством;

58 – вакуумный (дыхательный) клапан, разрывная мембрана;

59 – главный предохранительный и перепускной клапан;

КЛАПАНЫ РЕДУКЦИОННЫЕ, РЕГУЛИРУЮЩИЕ И РЕГУЛЯТОРЫ

61 – клапаны редукционные и регуляторы с грузовой нагрузкой привода;

62 – клапаны редукционные и регуляторы с нагрузкой привода давлением;

63 – клапаны редукционные и регуляторы с пружинной нагрузкой привода;

64 – клапаны редукционные и регуляторы с другими видами нагрузки привода;

65 – клапан регулирующий с регулирующим элементом, совершающим возвратно-поступательное движение, плунжерный (золотниковый), шиберный, мембранный, шланговый, одно- и более седельный с пневматическим (гидравлическим) исполнительным механизмом, в том числе под дистанционное управление;

66 – клапан регулирующий с регулирующим элементом, совершающим вращательное движение, дисковый, сферический (шаровый), шиберный, цилиндрический с пневматическим (гидравлическим) исполнительным механизмом, в том числе под дистанционное управление;

67 – клапан регулирующий с регулирующим элементом иной формы, совершающим другие виды движения, с пневматическим (гидравлическим) исполнительным механизмом, в том числе под дистанционное управление;

68 – клапан регулирующий с регулирующим элементом, совершающим возвратно-поступательное движение, плунжерный (золотниковый), шиберный, мембранный, шланговый, одно- и более седельный с электрическим исполнительным механизмом, в том числе под дистанционное управление;

69 – клапан регулирующий с регулирующим элементом иной формы, совершающим вращательное движение, дисковый, сферический (шаровый), шиберный, цилиндрический, с электрическим исполнительным механизмом, в том числе под дистанционное управление;

60 – клапан регулирующий с регулирующим элементом иной формы, совершающим другие виды движения, с электрическим исполнительным механизмом, в том числе под дистанционное управление;

КОНДЕНСАТООТВОДЧИКИ

71 – конденсатоотводчик лабиринтный;

72 – конденсатоотводчик поплавковый;

73 – конденсатоотводчик термостатический;

76 – конденсатоотводчик термодинамический;

УКАЗАТЕЛИ УРОВНЯ

81 – указатели уровня с круглым или плоским стеклом с запорным устройством кранового типа;

82 – указатели уровня с круглым или плоским стеклом с запорным устройством клапанного типа с шаровым аварийным затвором;

83 – указатели уровня с круглым или плоским стеклом с запорным устройством клапанного типа без шарового аварийного затвора;

88 – рамки для указателей уровня;

РАЗНАЯ АРМАТУРА

91 – затворы шиберные, кольцевые и другие;

92 – инжекторы;

93 – вантузы, водоотделители, фильтры;

94 – маслоотделители;

95 – затворы конусные;

96 – клапаны запорные, аварийные, отсечные, дросселирующие, невозвратно-запорные, редукционные устройства;

97 – элеваторы и эжекторы;

98 – нагреватели пароструйные, задвижки шланговые регулирующие; затворы поворотные, заслонки поворотные регулирующие;

99 – затворы поворотные, заслонки регулирующие;

90 – блоки арматурные, (разные виды арматуры);

ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА

01 – вентиляционные заслонки;

02 – лубрикаторы;

03 – компенсаторы;

04 – клапаны дренажные;

05 – устройства для управления арматурой;

06 – соединения ниппельные и другие;

07 – струйные и другие реле;

08 – прочие вспомогательные устройства;

09 – механические, электрические и другие виды приводов.

В свою очередь, приводы обозначаются тремя цифрами:

092 – электрогидропривод;

093 – механический с червячной передачей;

094 – механический с цилиндрической передачей;

095 – механический с конической передачей;

096 – пневматический (мембранный, поршневой и др.);

097 – гидравлический поршневой;

098 – электромагнитный;

099 – электрический.

Вся арматурная продукция в период планового хозяйства была закодирована ЦКБА (ЛПОА «Знамя Труда») десятизначными кодами 37 класса Общесоюзного классификатора продукции. Эти коды сохранились с принятием Общероссийского классификатора продукции ОКП 005–93. Однако нам неизвестны случаи использования этих кодов. По-видимому, они никогда не будут востребованы и в дальнейшем, тем более, что по кодам ОКП невозможно определить тип или вид арматуры и приводов, так как ОКП составлялся без использования какой-либо системы.

Кодирование конструкторской документации регламентировано ГОСТ 2.201–80 «ЕСКД. Обозначение изделий и конструкторских до-

Таблица 6

ГРАФИЧЕСКИЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ
Условные графические обозначения арматуры общего назначения по ГОСТ 2.785–70

Арматура	Обозначение	Арматура	Обозначение
Вентиль, клапан запорный:		Клапан дроссельный	
проходной		Клапан редукционный[2]	
угловой		Клапан воздушный автоматический (вантуз)	
Вентиль (клапан) трехходовой		Задвижка	
Вентиль, клапан регулирующий:		Затвор поворотный	
проходной		Кран:	
угловой		проходной	
Клапан обратный (невозвратный)[1]:		угловой	
проходной		Клапан трехходовой:	
угловой		общее обозначение	
Клапан предохранительный:		с Т-образной пробкой	
проходной		с L-образной пробкой	
угловой		Кран четырехходовой	

[1]Движение рабочей среды через клапан должно быть направлено от белого треугольника к черному.
[2]Вершина треугольника должна быть направлена в сторону повышенного давления.

кументов». Например: КПЛВ.492144.052. «КПЛВ» – код по Отраслевому кодификатору предприятий и организаций-разработчиков конструкторской документации, который присваивается федеральными или отраслевыми головными организациями по стандартизации, например ВНИИКИ Госстандарта России по запросу предприятий. Цифры 492144 выбираются по Классификатору ЕСКД, класс 49 «Арматура трубопроводная» и обозначают «Клапан сильфонный DN до 50 мм с присоединением к трубопроводу на сварке». Цифры 052 – порядковый регистрационный номер.

Некоторые страны Европы используют коды и классификацию Европейского комитета промышленной арматуры, объединяющего 27 национальных ассоциаций (Приложение).

При осуществлении внешнеэкономической деятельности предприятия пользуются кодами, приведенными в сборнике Государственного таможенного комитета России ТН ВЭД СНГ (РГ 111). Арматура находится в группе 8481.

Следует отметить, что этот документ составлялся прошлом веке и

Таблица 7

Номенклатура арматуры по ТН ВЭД

Код ТН ВЭД	Наименование позиции
84.81.100500	Клапаны редукционные для регулировки давления, объединенные с фильтрами или смазочными устройствами
84.81.101900	Прочие клапаны редукционные для регулировки давления или стальные литые
84.81.109900	Прочие клапаны редукционные для регулировки давления
84.81.201000	Клапаны регулирующие для маслогидравлических силовых трансмиссий
84.81.209000	Клапаны регулирующие для пневматических силовых трансмиссий
84.81.309100	Клапаны обратные (невозвратные) чугунные или стальные литые
84.81.309900	Прочие клапаны обратные (невозвратные)
84.81.401000	Клапаны предохранительные или разгрузочные чугунные литые или стальные литые
84.81.409000	Прочие клапаны предохранительные или разгрузочные
84.81.801100	Смесительные клапаны
84.81.801900	Прочие краны, клапаны, вентили для раковин, умывальников, биде, резервуаров для воды, ванн и аналогичных устройств
84.81.803100	Термостатические вентили для радиаторов центрального отопления
84.81.803900	Прочие вентили для радиаторов центрального отопления
84.81.804000	Клапаны для пневматических шин и камер
84.81.805100	Регуляторы температуры
84.81.805910	Прочие регуляторы давления
84.81.805990	Прочие клапаны контроля за процессом
84.81.806100	Клапаны запорные из чугунного литья
84.81.806310	Клапаны запорные из стали, предназначенные для работы при температуре окружающего воздуха −40°С и ниже, давлении 16 Па и выше, в среде, содержащей сероводород (H_2S)
84.81.806320	Клапаны запорные из стали, предназначенные для работы при температуре окружающего воздуха −55°С и ниже, давлении 80 МПа и выше
84.81.806390	Прочие клапаны запорные из стали
84.81.806900	Прочие клапаны запорные
84.81.807100	Проходные вентили из чугунного литья
84.81.807310	Проходные вентили из стали, предназначенные для работы при температуре окружающего воздуха −40°С и ниже, давлении 16 МПа и выше, в среде содержащей сероводород (H_2S)
84.81.807320	Проходные вентили из стали, предназначенные для работы при температуре окружающего воздуха −55°С и ниже, давлении 80 Па и выше
84.81.807390	Прочие проходные вентили из стали
84.81.807900	Прочие проходные вентили
84.81.808110	Вентили шаровые и конические, предназначенные для работы при температуре окружающего воздуха −40°С и ниже, давлении 16 Па и выше, в среде, содержащей сероводород (H_2S)
84.81.808120	Вентили шаровые и конические, предназначенные для работы при температуре окружающего воздуха −55°С и ниже, давлении 80 Па и выше
84.81.808190	Прочие вентили шаровые и конические
84.81.808501	Заслонки дроссельные, предназначенные для работы при температуре окружающего воздуха −40°С и ниже, давлении 16 Па и выше, в среде, содержащей сероводород (H_2S)
84.81.808502	Заслонки дроссельные, предназначенные для работы при температуре окружающего воздуха −55°С и ниже, давлении 80 Па и выше
84.81.808509	Прочие заслонки дроссельные
84.81.808700	Клапаны мембранные
84.81.809900	Прочая арматура для трубопроводов, котлов, резервуаров, цистерн, баков и аналогичных емкостей, включая редукционные и терморегулирующие клапаны
84.81.900000	Части кранов, клапанов, вентилей и к арматуре для трубопроводов, котлов, резервуаров, цистерн, баков и аналогичных емкостей, включая редукционные и терморегулирующие клапаны

содержит много недостатков, особенно усугубляющихся из-за неверного перевода наименований позиций с английского языка. Так, следует изменить названия следующих позиций для возможности идентификации экспортной и импортной продукции:

Клапаны запорные		на	Задвижки
80	610 – из чугунного литья	на	чугунные
80	630 – из стали	на	стальные
Проходные вентили		на	Клапаны запорные
80	710 – из чугунного литьятья	на	чугунные
80	730 – из стали	на	стальные
80	810 – вентили шаровые и конические	на	краны шаровые, конусные и цилиндрические
80	850 – заслонки дроссельные	на	затворы дисковые поворотные

Глава 4

БАЗОВЫЕ КОНСТРУКЦИИ АРМАТУРЫ

Рабочая среда должна полностью сохраняться в должным образом разработанной системе трубопровода так, чтобы не подвергать опасности персонал и окружающую среду и не допускать собственного загрязнения . Трубопроводы имеют много потенциальных мест утечек: соединения труб, сварные швы, присоединения оборудования и, наконец, арматуры. Арматура может причинять самую большую головную боль на объекте, если она, например, неправильно выбрана, плохо спроектирована, изготовлена с низким качеством или, не обладая огнестойкостью , установлена в пожароопасную окружающую среду. Принцип «Вы получаете то, за что Вы заплатили», конечно, применяется в арматуростроении, однако экономия на таких важных изделиях, как арматура, может иметь очень неприятные последствия для работы предприятия в будущем.

Правильно подобранная арматура должна работать, по крайней мере, в течение жизни предприятия с минимальными затратами на обслуживание . Поэтому понимание основных технических требований к конструкциям арматуры должно стать важным фактором в обучении любого инженера предприятия и инженера по обслуживанию трубопроводов.

Выбор материалов

Существует широкий диапазон материалов, способных обеспечить самые серьезные условия эксплуатации арматуры. При проектировании арматуры следует обоснованно выбирать материалы для каждой детали: корпуса, крышки, узла уплотнения, шпинделя, ходовой гайки, мест соединений и так далее, чтобы достигнуть оптимального сочетания и удовлетворить условия эксплуатации в течение всего срока службы.

Материалами, наиболее часто применяемыми в конструкциях арматуры, являются чугун, углеродистая, легированная и нержавеющая сталь, бронза, другие медьсодержащие и никелевые сплавы, реже используются титан и алюминий. Чугунная и бронзовая арматура эксплуатируется при сравнительно низких температурах: 200...260°С (392...500°F). Углеродистые и нержавеющие стали применяются для более высоких температур. Для сверхнизких (криогенных) температур до −196°С (−320°F) используются высоколегированные нержавеющие стали и сплавы.

Для высококоррозионных рабочих сред или сред, вступающих в химическую реакцию с металлическими поверхностями, и для предотвращения загрязнения среды арматура должна быть покрыта защитными материалами (эбонитом, пластмассами, стеклом или керамикой).

Цельнопластмассовая арматура все более и более выступает как альтернатива нержавеющей стали или сплавам. Пластмассовая арма-

тура, изготавливаемая из разнообразных материалов [например, непластифицированный поливинилхлорид (UPVC), акрилонитрил бутадиенстирен (ABS), полипропилен (PP) и полиэтилен (PE)] показала удовлетворительную стойкость при применении в системах с агрессивными химическими соединениями типа слабых кислот и для чрезвычайно коррозионных рабочих сред. Пластмассовая арматура может использоваться для низкого давления, а для более высоких давлений на пластмассовых трубопроводах используются стальные клапаны.

Прочность арматуры

Корпус арматуры – главная деталь, работающая под давлением и служащая основным элементом для всех других деталей. Он должен быть достаточно мощным для противостояния давлению и температуре среды изнутри и нагрузкам, возникающим от монтажа на трубопроводах и привода снаружи. Вид арматуры, рабочее давление, метод изготовления, материал и цена – все должно рассматриваться. Должно быть учтено также разнообразие потенциальных мест утечек через корпус, разъем корпуса с крышкой, уплотнительные поверхности, уплотнение шпинделя и присоединение к трубопроводу.

При прочностных и силовых расчетах следует учитывать в совокупности нагрузки от рабочего давления, монтажных усилий и динамических воздействий, возникающих при контакте перемещающегося штока с корпусными деталями.

Полнопроходная или зауженная арматура

Некоторые виды арматуры, особенно задвижки и шаровые краны, могут быть разработаны с полным или зауженным проходом. Полный проход означает равенство диаметров проходного сечения арматуры и трубопровода и применяется в арматуре, используемой в системах с незначительными перепадами рабочего давления, а также там, где требуется обеспечить беспрепятственный проход для чистящих трубопроводы ершей.

Зауженный проход с диаметром прохода, обычно уменьшаемым до следующего меньшего стандартного условного диаметра, используется, чтобы уменьшить массу, материал и, следовательно, стоимость. Использование зауженного прохода, однако, увеличивает гидравлическое сопротивление и скорость пропуска среды. Это может привести к чрезмерному кавитационному износу и шуму в системе в случаях, когда давление на входе близко к давлению парообразования протекающей жидкости при температуре эксплуатации, и затруднениям при ручном управлении арматурой.

При установке в трубопроводную систему зауженной арматуры происходит некоторое увеличение общего коэффициента сопротивления системы. Это может ухудшить ее гидравлические характеристики при низких давлениях (например, самотек жидкостей под воздействием статического напора). Если же система находится под давлением, создаваемым насосом, установка зауженной арматуры оказывает незначительное влияние на сопротивление системы и вполне оправдана.

Гидравлические характеристики

Гидравлической характеристикой запорной и обратной арматуры является коэффициент сопротивления ζ, который является безразмерной величиной, равной потере давления, деленной на скоростное давление. Коэффициент сопротивления рассчитывается по формуле

$$\zeta = \frac{\Delta p}{\frac{\rho v_{ср}^2}{2}} 10^6,$$

где Δp – потери давления на арматуре, МПа; ρ – плотность рабочей среды, кг/м^3; $v_{ср}$ – средняя скорость среды, отнесенная к площади сечения на входе арматуры, м/с.

Коэффициент сопротивления определяется экспериментально при полностью открытой арматуре.

В табл. 8 приведены коэффициенты сопротивления запорной и обратной арматуры.

Гидравлической характеристикой регулирующей арматуры является пропускная способность Kv, м^3/ч. Величина Kv численно равна расходу жидкости в м^3/ч с плотностью 1000 кг/м^3, протекающей через ар-

Таблица 8

Коэффициенты сопротивления арматуры ζ

Вид арматуры	Тип корпуса	Коэффициент сопротивления	
		На запирающий элемент	Под запирающий элемент
Задвижки	Полнопроходный	0,15...0,6	
	Зауженный	0,4...1,1	
Краны шаровые	Полнопроходный	0,1...0,4	
	Зауженный	0,25...1,0	
Краны пробковые	Полнопроходный	0,4...1,3	
Клапаны запорные	Угловой	3,5...8,0	3,6...9,0
	С патрубками на одной оси, литой	4,7...9,5	5,5...9,0
	Кованый, штампованный с наклонными осями	5,7...9,5	5,5...7,8
	То же, прямоточный	4,1...9,5	4,3...10,0
	То же, со смещенными осями патрубков	6,0...9,0	5,7...8,0
Затворы поворотные	Полнопроходный	0,5...1,35	
Затворы обратные	Полнопроходный	0,7...4,8	
Клапаны обратные	Прямоточный	2,5...5,0	
	Угловой	3,6...9,0	
	Со смещенными осями патрубков	5,7...8,0	

матуру при перепаде давления на ней 0,1 МПа и соответствующем значении хода, и рассчитывается по формуле:

$$Kv = Q\sqrt{\frac{\rho}{\Delta p}},$$

где Q – объемный расход среды, м^3/ч; Δp – перепад давления на клапане, кг/см^2; ρ – плотность среды, г/см^3.

В зарубежной практике пропускная способность арматуры рассчитывается по формуле

$$Cv = Q\sqrt{\frac{Gf}{\Delta p}},$$

где Q – объемный расход среды, галлон/мин; Δp – перепад давления на клапане, фунт/дюйм^2; Gf – удельный вес среды, отнесенный к удельному весу воды, равному единице при температуре 60°F (33,3°С).

Обе формулы относятся к бескавитационному режиму протекания рабочей среды в области квадратичного сопротивления.

Коэффициент сопротивления связан с пропускной способностью Kv и Cv зависимостями:

$$\xi = \frac{25{,}4FN^2}{Kv^2} = \frac{15{,}65DN^4}{Kv^2};$$

$$\xi = \frac{34{,}4FN^2}{Cv^2} = \frac{21{,}31DN^4}{Cv^2},$$

где FN – площадь условного прохода, см^2; DN – диаметр условного прохода, см.

Числовая корреляция величин пропускной способности

K_v, м^3/ч	C_v (безразмерная)
1,0	0,857
1,167	1,0
$28 \cdot 10^{-6}$	$24 \cdot 10^{-6}$

Гидравлической характеристикой предохранительной арматуры является эффективная площадь, равная произведению коэффициента расхода на площадь, к которой она отнесена (по ГОСТ 12.2.085 коэффициент расхода относится к площади седла). По коэффициенту расхода и площади седла по формуле, приведенной в ГОСТ 12.2.085, в зависимости от параметров эксплуатации рассчитывается расход (в ГОСТ называется пропускная способность), который будет проходить через клапан при его срабатывании. Рассчитанный расход должен быть не менее аварийного.

Присоединительные патрубки арматуры

Выбор присоединительных патрубков для присоединения арматуры к трубопроводам зависит от давления и температуры рабочей сре-

ды, частоты демонтажа трубопроводов или снятия арматуры с них. Типы присоединительных патрубков арматуры приведены ниже.

1. *Резьбовые.* Резьбовые соединения требуют минимального числа присоединительных элементов, обеспечивают малые металлоемкость и масу, а также простоту конструкций. Муфтовые соединения, при которых трубная резьба выполнена в корпусах арматуры, широко применяются в бронзовых, латунных и чугунных клапанах. Область их применения ограничена рядом недостатков, к которым относятся трудность демонтажа, при котором требуется свинчивать трубы, штуцеры или саму арматуру, обычно ограниченный диаметр труб (150 мм и мене). Эти соединения широко используются для бронзовых клапанов и, в меньшей степени, в чугунных и стальных клапанах.

2. *Фланцевые.* Фланцевые соединения арматуры с трубопроводами получили очень широкое распространение благодаря их преимуществам: возможности многократного монтажа и демонтажа, хорошей герметизации стыков и возможности их подтяжки, высокой прочности и применимости для широкого диапазона давлений и размеров (от 15 мм и более). К недостаткам фланцевых соединений следует отнести возможность ослабления затяжки и потери герметичности в условиях переменных температур и вибраций.

3. *Сварные в раструб.* Соединение выполнено таким образом, что патрубки клапана вставляются в раструбы трубопровода, и сварочные швы образуются на внешней стороне трубы, чтобы брызги и сварочный грат не могли попасть внутрь трубопровода. Указанное соединение используется только для стальных клапанов и, как правило, существует ограничение по размерам до 50 мм для повышенных давлений и температур в трубопроводах, не требующих частого демонтажа.

4. *Сварные встык.* В этом случае патрубки арматуры и торцы трубопроводов разделывают под сварку. Иногда в соединение устанавливают подкладное кольцо для исключения перекосов и попадания в трубопровод брызг металла и частиц флюса.

Арматура с патрубками под приварку получила широкое применение,поскольку ее использование гарантирует полную и надежную герметичность соединения, что особенно важно для трубопроводов, транспортирующих взрывоопасные, токсичные и радиоактивные вещества. Сварные соединения не требуют ухода и подтяжки, что существенно для магистральных трубопроводов и систем АЭС. Сварные соединения экономят металл и снижают массу арматуры и трубопроводов.

5. *Обжатые.*Этот тип присоединения получается при обжатии конца трубы о сферическую или коническую поверхность патрубка арматуры. Обжим производится накидной гайкой, внутренняя поверхность контакта которой совпадает по геометрии с выступом на патрубке арматуры. На патрубке арматуры нарезается резьба, на которую навинчивается гайка. Как правило, соединение обжатием осуществляется для стальных или медных труб, когда по условиям эксплуатации требуется частая разборка соединения.

6. *Паяные.* Патрубки арматуры выполняются с проточкой, в кото-

рую вставляется обработанный конец трубопровода, покрытый припоем. Пайка производится между патрубком арматуры с внешней стороны трубы. Пайка используется при соединении с медными трубопроводами и обычно используется до проходов менее 65 мм. Соединение применяется до температуры, меньшей точки плавления припоя.

7. *Соединения с уплотнением.* Для получения гладкого втулочного соединения между патрубками арматуры и трубопроводом устанавливают кольцевое уплотнение из пряжи с пробковым наполнителем, пропитанным тетраэтилсвинцом, или резиновые кольца. Торцы выполняются в виде фланцев или переходных муфт, присоединяемых болтами к фланцам арматуры, но могут быть и частью арматуры. Такие соединения используются в водоснабжении на чугунной арматуре диаметром 50 мм и более.

8. *Втулочные соединения.* Выполняются в виде патрубков на арматуре или трубопроводе. На чугунных трубах со свинцовыми уплотнениями устанавливаются рельефные стяжные хомуты. В соединениях с сальниковыми уплотнениями применяют резьбовые или болтовые стяжки. Используют также асбестовые уплотнения. Втулки подвергаются дополнительной обработке для получения гладкой поверхности, аналогичной трубе. Эти соединения также применяются в водоснабжении на арматуре диаметром 50 мм и более.

9. *Цапковые соединения.* Термин используется с конца XIX века. На патрубке арматуры выполняется наружная резьба и гладкое внутреннее отверстие, в которое вводится конец трубопровода с буртом, прижимаемым накидной гайкой к торцу патрубка арматуры. Более современное название такого соединения – штуцерное. Применяется для присоединения арматуры небольших размеров.

10. *Дюритные соединения.* Выполняются в виде патрубков на арматуре или трубах с выступами под резиновые или пластмассовые шланги, которые надвигаются на патрубки и фиксируются, как правило, хомутами.

Глава 5

СТАНДАРТЫ НА АРМАТУРУ

Стандарты на проектирование

Арматуростроители всех стран используют большое количество стандартов, которые позволяют обеспечить взаимозаменяемость арматуры различных изготовителей. В ведущих арматурных странах работают национальные институты стандартизации. Такие параметры, как строительные длины, присоединения, размеры фланцев, ряды давлений строго регламентированы государственными, а в последние десятилетия некоторыми международными стандартами. Однако пока попытки Международной организации по стандартизации (ISO) не получили широкой поддержки арматуростроителей многих стран. Так, не удается гармонизировать немецкие, британские и американские стандарты даже в части присоединительных размеров. Российское арматуростроение в основном ориентировано на немецкие стандарты, поскольку начало отечественному арматуростроению положили немецкие промышленники.

В настоящее время национальными органами стандартизации через соответствующие комитеты проводится разработка стандартов для различных видов арматуры и материалов, общих для арматуростроителей стран Европы.

Производственные стандарты качества

Качество арматуры в последние десятилетия улучшилось с принятием промышленностью стандартов по качеству. Большая работа в этом направлении была проведена национальными органами стандартизации, установившими основные требования к качеству изготовления и гарантийные обязательства для производителей арматуры

Международные стандарты, устанавливающие требования к качеству:

ISO – Международная организация по стандартизации – ISO 9000;
EN – Европейский Комитет по стандартизации – EN 29000;
API – Американский институт нефти – SPEC QI;
BSI – Британский институт стандартов – BS 5750;
DIN – Немецкий институт стандартов – DIN EN 982;
ГОСТ – ГОССТАНДАРТ – ГОСТ – 40. 9001, ГОСТ 40. 9002 М 88;
ГОСТ Р – ГОССТАНДАРТ России – ГОСТ Р ИСО 9001.

Требования стандартов распространяются на разработку, производство, установку и обслуживание арматуры в целом или только на несколько стадий, в зависимости от уровня гарантии качества. Европейские стандарты по качеству EN 29000, ISO 9000, BS 5750 и DIN EN 982 являются взаимозаменяемыми, и соответствие одному стандарту вообще подтверждает соответствие другим.

Американский стандарт API SPEC QI не взаимозаменяем с европейскими стандартами, несмотря на то, что имеет много общего с ни-

Специально для lib.wwer.ru

ми, и хотя некоторые переговоры, чтобы установить взаимозаменяемость, имели место, основные различия будут сохраняться в течение некоторого времени.

ISO 9000 – международные стандарты, формулирующие требования к системам качества, которые могут использоваться для гарантии качества. Они изложены в четырех различных разделах:

- ISO 9000-1. Стандарты по обеспечению качества. Руководящие указания по применению.
- ISO 9000-2. Общие руководящие указания по применению ISO 9002 и ISO 9003.
- ISO 9000-3. Общие руководящие указания по применению ISO 9001.
- ISO 9000-4. Руководство по управлению программой надежности.
- ISO 9000-87. Руководство по выбору стандартов ISO 9000.
- ISO 9001-87 (ГОСТ 40.9001). QS. Модель для обеспечения качества при проектировании и разработке, производстве, монтаже и обслуживании.
- ISO 9002-87. (ГОСТ 40.9002 М88). QS. Модель для обеспечения качества при производстве и монтаже.
- ISO 9003-87. (ГОСТ 40.9003). QS. Модель для обеспечения качества при окончательном контроле и испытаниях.
- ISO 9004-1. Элементы системы качества. Руководящие указания.
- ISO 9004-2. Управление качеством и обеспечение качества.
- ISO 9004-3. Руководящие указания по перерабатываемым материалам.
- ISO 9004-4. Руководящие указания по улучшению качества.
- ISO 9004-5. Руководящие указания по программе качества.
- ISO 9004-6. Руководство качеством при управлении проектом.
- ISO 9004-7. Руководящие указания по управлению конфигурацией.
- ISO 9004-8. Руководящие указания по административным принципам качества.
- ISO 9004-87. Общее руководство качеством и элементы системы качества.

ISO 9000 – система обеспечения соответствия качества и необходимых гарантий (QA) на всех жизненных циклах создания, производства и эксплуатации изделий. Цель применения системы заключается в следующем: обеспечить доверие потребителей в том, что поставщик собирается выполнять требования контракта, осуществляя мероприятия, заявленные в его руководстве по качеству.

Федеральным законом Российской Федерации № 174 от 27 декабря 2002 года «О техническом регулировании», в сферу действия которого входят отношения, возникающие при разработке, принятии, применении и исполнении обязательных требований (в форме технических регламентов) к продукции, процессам производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, предусмотрено применение и исполнение на добровольной основе требований (в форме стандартов) к продукции, процессам производства, эксплуатации, хранению, перевозке, реализации и утилизации, выполнению работ или оказанию услуг, оценке соответствия (в форме сертификации или декларирования).

С учетом того, что в России действует значительное количество обязательных государственных стандартов, в законе предусмотрен переходный период – технические регламенты и новые стандарты, учитывающие международные, должны быть приняты в течение семи лет со дня вступления в силу указанного закона, после чего весь массив прежних стандартов в качестве обязательных утратит силу. При разработке технических регламентов, по-видимому, будут учтены Директивы Европейского Союза. Перечень директив ЕС приведен в приложении 5.

Испытания арматуры. Производство и контроль

Испытание и осмотр арматуры выполняются в соответствии с требованиями соответствующих стандартов.

Каждый объект испытаний требует осмотра в месте изготовления перед отгрузкой, и изготовитель обязан снабдить изделия свидетельством, заявляющим, что арматура и ее части полностью удовлетворяют требованиям соответствующего стандарта.

Подтверждения о проведенных испытаниях и химическом составе материалов для деталей арматуры или заготовок должны быть получены от поставщиков и, когда требуется, предъявляться покупателю. Это требует полного контроля деталей и комплектующих изделий в процессе производства.

Доказательством того, что арматура способна выдерживать давление в течение срока службы, является испытание собранной арматуры 1,5-кратным гидравлическим или пневматическим давлением и давлением, превышающим в 1,1 раза рабочее давление при проверке герметичности.

В мировой практике приняты обозначения классов арматуры фланцев и фитингов, предложенные Американским институтом стандартов ANSI, аналогично принятому в отечественном арматуростроении делению по условному давлению. Стальную арматуру разделяют на семь классов: 150; 300; 400; 600; 900; 1500 и 2500 (в фунтах на квадратный дюйм). Класс 400 применяют редко. Номинальное давление соответствует максимально допустимому рабочему давлению не при нормальной температуре (как принято в ГОСТ и DIN), а при повышенной (для углеродистой стали классу 150 соответствует номинальная температура 260°С, для других классов – 454°С, а для легированных сталей она доходит до 608°С и зависит от марки стали). Полные таблицы рабочих и пробных давлений для стальных фланцев и арматуры классов 150...2500 по американскому стандарту ASTME B.16.5, переведенные в метрическую систему единиц, приведены в [5]. В рабочей практике для грубой оценки часто используют давления, соответствующие классам при температуре от –29 до +38°С. Классам ANSI для углеродистых сталей при этих температурах соответствуют давления:

Класс 150 – 1,93 МПа	Класс 900 – 15,19 МПа
Класс 300 – 5,06 МПа	Класс 1500 – 25,10 МПа
Класс 600 – 10,12 МПа	Класс 2500 – 42,18 МПа

Таблица 9

Испытательные давления на прочность и герметичность по ANSI

Класс	Давление при испытании на прочность, МПа	Давление при испытании на герметичность, МПа
150	3,0	2,2
300	7,6	5,5
600	15,0	11,0
900	22,5	16,5
1500	37,3	27,4
2500	62,1	45,6

В табл. 9 приведены значения испытательных давлений для каждого класса.

Испытание под давлением на прочность задвижек должно выполняться в сборе с дисками, клиньями и шпинделями в открытом положении, а в кранах – в полуоткрытом. Испытательная среда должна подаваться по направлению движения рабочей среды. Клапаны с сальниками должны проверяться подачей среды в противоположном направлении. Для определения герметичности верхнего уплотнения клапан полностью открывают. Испытание места уплотнения должно быть выполнено в течение минимального периода, указанного в табл. 10.

Давление должно подаваться следующим образом:

1. Задвижки – последовательно с каждой стороны клина;
2. Клапаны запорные – под золотник;
3. Клапаны обратные – со стороны выходного патрубка;
4. Краны – 3 раза, последовательно, с каждой стороны пробки.

Как правило, не допускается никаких визуально обнаруживаемых утечек в течение испытательного времени, что должно быть отражено в акте испытаний, подтверждающем, что арматура была проверена в соответствии с требованиями стандарта, с отражением фактических давлений и среды, используемой для испытаний. В отечественном арматуростроении действует ГОСТ 9544–93, устанавливающий величину допустимых утечек при проверке герметичности запирающих элементов различных видов арматуры.

НПФ ЦКБА разработана более современная версия этого стандарта, который в настоящее время согласовывается с национальными органами стандартизации стран СНГ.

Новый стандарт распространяется на все типы запорной арма-

Таблица 10

Продолжительность испытаний, с

DN, мм	Продолжительность испытаний, с	Металлическое уплотнение	Мягкое уплотнение	Верхнее уплотнение
< 50	15	15	15	10
65...200	60	30	15	15
250...450	180	60	30	20
> 500	180	120	60	30

туры на номинальное давление PN от 0,1 до 42 МПа и диапазон номинальных диаметров DN от 3 до 2000. Установлены классы герметичности затвора A, B, C, D, B1, C1, D1. В данном случае под термином «затвор» понимается совокупность запирающего элемента и уплотнительной поверхности корпуса арматуры. Изменились некоторые термины и определения. Вот основные из приведенных в стандарте:

герметичность затвора – свойство препятствовать газовому либо жидкостному обмену между средами, разделенными затвором;

класс герметичности – характеристика, оцениваемая наибольшей утечкой пробного вещества через затвор;

утечка – проникновение вещества из герметизированного изделия через течи в затворе под действием перепада полного или парциального давления;

испытания на герметичность затвора – испытания для оценки герметичности после воздействия пробным веществом под давлением, установленным в стандартах или технических условиях.

Класс A, по которому утечки не допускаются, соответствует классу A ISO 5208 и ГОСТ 9544–93, а также 1–му классу ГОСТ 9544–75 для арматуры систем специального назначения. Установлен для всех типов запорной арматуры от DN 3 до DN 200 при номинальных давлениях от PN 1 до PN 420 и с номинальными диаметрами от DN 250 до DN 2000 при номинальных давлениях от PN 1 до PN 200. Испытания проводят воздухом давлением 0,6 МПа или водой номинальным давлением, умноженным на 1,1. Допускается затворы арматуры номинальным диаметром от DN 3 до DN 200 испытывать воздухом номинальным давлением.

Класс B соответствует классу B ISO 5208 и ГОСТ 9544–93. Утечки для арматуры этого класса (в $см^3$/мин) рассчитываются по формулам:

для воды 0,0006 × DN;

для воздуха 0,018 × DN.

Класс B1 соответствует 1 классу ГОСТ 9544–75 для клапанов. Испытания проводятся воздухом. В стандарте даны таблицы допустимых утечек при испытании давлением 0,6 МПа и с пересчетом утечек для испытательного давления, равного номинальному.

Класс C соответствует классу C ISO 5208 и ГОСТ 9544–93. Утечки для арматуры этого класса (в $см^3$/мин) рассчитываются по формулам:

для воды 0,0018 × DN;

для воздуха 0,18 × DN.

Класс C1 соответствует 1-му классу ГОСТ 9544–75 для прочей арматуры (кроме клапанов) и 2-му классу ГОСТ 9544–75 для клапанов. Приведены таблицы утечек при испытании запорной арматуры всех типов при давлении 0,6 МПа и с пересчетом утечек для испытательного давления, равного номинальному.

Класс D соответствует классу D ISO 5208 и ГОСТ 9544–93. Утечки для арматуры этого класса (в $см^3$/мин) рассчитываются по формулам:

для воды 0,006 × DN;

для воздуха 1,8 × DN.

Класс D1 в части норм утечек при испытании воздухом соответствует 2 классу ГОСТ 9544–75 для прочей арматуры (кроме клапанов),

Таблица 11

Допустимые утечки при испытании водой давлением 1,1 PN, см³/мин

DN	Классы герметичности						
	A	B	B1	C	C1	D	D1
50	0	0,90	2,0	9,0	6.0	90	20
80	0	1,44	4,0	14,4	12	144	40
100	0	1,80	6,0	18	18	180	60
150	0	2,70	12	27	35	270	120
200	0	3,60	16	36	45	360	150
300	0	*	30	*	100	*	350

* Нормы герметичности при испытании водой не предусмотрены

Таблица 12

Допустимые утечки при испытании воздухом давлением 0,6 МПа для запорной арматуры на PN 6, см³/мин

DN	Классы герметичности						
	A	B	B1	C	C1	D	D1
50	0	0,030	**	0.090	**	0.30	0,60
80	0	0,048	**	0,144	**	0,48	1,10
100	0	0,060	**	0,180	**	0,60	1,60
150	0	0,090	**	0,270	**	0,90	3,00
200	0	0,120	**	0,360	**	1,20	4,50
300	0	0,180	**	0,570	**	1,80	8,00

** Нормы герметичности при испытании воздухом для этих классов не предусмотрены

а при испытании водой – 3-му классу ГОСТ 9544–75. Применяется для всех типов арматуры до DN 2000. В стандарте приведены таблицы допустимых утечек при испытании воздухом давлением 0,6 МПа и номинальным давлением, а также при испытании водой номинальным давлением, умноженным на 1,1.

Соотношение допустимых утечек для DN 50...150 при испытании водой и воздухом приведены в табл. 11, 12.

Допустимые утечки, установленные в новом стандарте, соответствуют или меньше утечек по стандартам API–6D и DIN 3230.

Соответствие классов герметичности затворов нового стандарта международным стандартам, ГОСТ 9544–75 и ГОСТ 9544–93 приведено в табл. 13.

В зарубежной практике при оценке проницаемости часто употребляется относительная единица измерения ppm. ГОСТ 8.417 определяет ее как «миллионная доля» (млн$^{-6}$). Эта единица применяется при использовании течеискателей. В США чаще всего применяют метановые течеискатели, причем концентрация метана в них должна быть не менее 95–98%. Испытательная среда подается во входной патрубок закрытой арматуры, а утечка определяется в заданном объеме выходной полости арматуры.

Таблица 13

Соответствие классов герметичности

A	B	C	D	B1	C1	D1
При испытании воздухом						
ISO5208; DIN3230; API-6D; ГОСТ 9544–75; ГОСТ 9544–93	ISO5208; DIN3230; ГОСТ 9544–93	ISO5208; ГОСТ 9544–93	ISO5208; ГОСТ 9544–93	DIN3230; ГОСТ 9544–75	DIN3230; ГОСТ 9544–75	DIN3230; ГОСТ 9544–75
При испытании водой						
ISO5208; DIN3230; API-6D; ГОСТ 9544–93	ISO5208; ГОСТ 9544–75; ГОСТ 9544–93	ISO5208; ГОСТ 9544–75; ГОСТ 9544–93	ISO5208; ГОСТ 9544–75; ГОСТ 9544–93	Испытания не предусмотрены	Испытания не предусмотрены	DIN3230; ГОСТ 9544–75

По согласованию с покупателем или по условиям спецификации осуществляется дополнительный осмотр отклонений при изготовлении и исправления дефектов, выявленных магнитной, радиографической или цветной дефектоскопией. Любые готовые клапаны или заготовки и детали, которые имеют отклонения от чертежей изготовителя или стандартов, должны быть забракованы и отправлены в изолятор брака, как заявлено в Руководстве качества.

Испытание и контроль опытных образцов арматуры

Прежде всего, перед постановкой на производство опытные образцы арматуры должны быть подвергнуты испытаниям и дополнительному контролю. Эти испытания проводятся в объеме большем, чем для серийных изделий. Они должны включать определение гидравлических характеристик, испытания для определения ресурса арматуры в циклах или часах. Арматура должна быть также подвергнута испытанию на огнестойкость, если в конструкциях используются мягкие уплотнения.

Огнестойкость: критерии и методы проверки

Невозможно иметь единственное определение огня. Огонь, который может возникнуть на нефтеперерабатывающем заводе, конечно, отличается от пожара на химическом комбинате.

Стандарты, требующие проверок на огнестойкость, исходят из теоретического предположения, что пожар возникнет, и определяют, как арматура должна работать в такой ситуации.

Четыре стандарта устанавливают безопасные по огню исполнения арматуры:

API – Американский нефтяной институт, API 607;

BSI – Британский институт стандартов, BS 6755;

Exxon – Независимые компании по нефтепереработке, BPS-14-1;

Таблица 14

Сравнение требований к испытаниям на огнестойкость

Условия испытаний	BS 5146 и OCMA FSV	Exxon BPS-14-1	API 607	FMRC 7440	BS 6755	API RP 6F Часть 2
Положение шпинделя	Вертикальное	Вертикальное	Горизонтальное	Не указано	Горизонтальное	Горизонтальное
Положение патрубков	Горизонтальное	Горизонтальное	Горизонтальное	Не указано	Горизонтальное	Горизонтальное
Открыта или закрыта арматура	Открыта	Открыта	Закрыта	Закрыта	Закрыта	Закрыта
Испытательное давление в период горения	30 psi	25 psi	75% рабочего давления в холодном состоянии	125 psi	Зависит от оценки клапана	Зависит от оценки клапана
Испытательная среда	Керосин или дизельное топливо	Жидкий гидрокарбонат	Вода	Не указано	Вода	Вода
Температура корпуса арматуры	Достаточная для уничтожения мягкого уплотнения	1200 °F, минимум	1400 °F, минимум	Не указано	Не указано	Зависит от размера арматуры
Длительность горения	15 мин	15 мин	30 мин	15 мин	15 мин или 30 мин	30 мин
Время определения протечек и их измерения	После испытания	После испытания	В течение испытания и после него	В течение испытания	После испытания	В течение испытания и после него
Максимальная внешняя протечка	Заметная утечка	Утечка должна быть незначительной	20 см^3/мин на дюйм прохода	94,6 см^3/мин	100 см^3/мин на дюйм прохода	100 мл/мин/дюйм в течение испытания 20 мл/мин/дюйм после испытания
Максимальная протечка в седле	10 мл/мин/дюйм	10 мл/мин/дюйм	40 мл/мин/дюйм	Отдельные капли	400 мл/мин/дюйм	400 мл/мин/дюйм В течение испытания, 40 мл/мин/дюйм после него
Действия во время испытаний	3 цикла открытия и закрытия	3 цикла открытия и закрытия	1 цикл открытия и закрытия	Должен быть управляемым	Открытие и закрытие при перепаде спытательного давления во время испытаний	Открытие и закрытие при перепадеиспытательного давления после испытаний

FM – Взаимные исследования производителей, FMRC 7440.

Эти стандарты отражают важные испытательные критерии для размеров и типов арматуры, используемой в промышленности.

Сводка их требований приведена в табл. 14.

Хотя имеются некоторые различия в рабочих средах, условиях потока, топливе, продолжительности воздействия огня, размерах труб и ориентации арматуры, так же, как в методах измерения и допустимости утечек, которые являются приемлемыми, цель каждого испытания в том, чтобы установить минимальный безопасный по огню уровень для арматуры в эксплуатации. В многомиллионном химическом процессе арматура может играть роль, которая является полностью непропорциональной ее размеру и стоимости. Эти маленькие, относительно недорогие изделия являются критическими в безопасном осуществлении процесса и так как арматура часто является первой линией в предупреждении распространения огня для огнеопасных сред, было бы чрезвычайно неблагоразумно устанавливать в системы арматуру, которая не является пожаробезопасной.

Глава 6

МЕТОДЫ ВЫБОРА АРМАТУРЫ

Для правильного выбора арматуры должна быть проанализирована следующая существенная информация.

1. Какую функцию должна выполнять арматура:
   а) только открытие или закрытие;
   б) регулирование;
   в) предохранительную;
   г) частое или редкое срабатывание.
2. Как арматура будет управляться:
   а) вручную;
   б) пневматически;
   в) электрически;
   г) гидравлически.
3. Рабочая среда:
   а) коррозийная;
   б) абразивная;
   в) расход рабочей среды;
   г) скорость потока;
   д) давление;
   е) температура.
4. Диаметр трубопровода и тип присоединения:
   а) фланцевое;
   б) на резьбе;
   в) на сварке в стык;
   г) на сварке в раструб.
5. Какова скорость срабатывания:
   а) аварийное быстрое срабатывание;
   б) стандартное использование.
6. Как арматура должна обслуживаться на месте установки:
   а) должен быть предусмотрен доступ к деталям через верхний разъем или также через патрубки?
   б) Может ли арматура обслуживаться на месте эксплуатации или требуется ее доставка изготовителю?
7. Насколько важна готовность арматуры к немедленному использованию:
   а) Стандартный клапан, полученный со склада?
   б) Специальный клапан, изготовленный на заказ?

Если вышеупомянутая информация известна, то для того, чтобы арматура соответствовала соответствующим стандартам, следует рассмотреть следующее.

1. Оценка давления и температуры.

Согласно стандартам, максимальное давление для фланцев и сварных соединений должны соответствовать выбранным давлению и температуре.

Таблица 15

Применение арматуры по опыту эксплуатации

Тип арматуры	Использование на нефтеперерабатывающих заводах	Использование на химических комбинатах
Задвижки	Часто	Редко (постепенное сокращение)
Несмазываемые краны	Нет	Очень часто
Шаровые краны	Редко	Часто
Дисковые затворы	Редко	Редко
Запорные клапаны	Средне	Средне
Обратные клапаны	Средне	Средне

2. Выбор материала.

Материалы должны обеспечивать совместимость с рабочей средой и физически противостоять изнашиванию, падению давления при дросселировании (стойкость к кавитации) и эрозии – это основные соображения при выборе материалов для получения достаточного ресурса арматуры, высококачественного изготовления и разумной стоимости.

Среда, которая будет контактировать с арматурой, может характеризоваться следующим образом:

а) очищенная и чистая;

б) вязкая;

в) пульпа;

г) коррозийная;

д) эрозионная;

е) криогенная.

Все вышеизложенные рекомендации должны использоваться при разработке рабочих спецификаций изготовителей и технических регламентов для конкретных технологических процессов, в которых арматура будет применяться.

3. Опыт эксплуатации арматуры.

Опыт эксплуатации арматуры может также определять тип арматуры, которую нужно использовать. Недавнее исследование показало, что различные отрасли промышленности предпочитают, чтобы специфическая арматура отвечала их требованиям (табл. 15).

4. Спецификации.

При запросе у изготовителя или посредника необходимо, чтобы все технические требования были изложены в спецификации. Изготовитель или посредник, в свою очередь, должны дать полную характеристику поставляемой арматуры. Это гарантирует, что по требованию клиента правильно подобранная арматура будет быстро поставлена с минимальной стоимостью.

Глава 7

АРМАТУРА С ПРЯМОЛИНЕЙНЫМ ПЕРЕМЕЩЕНИЕМ ШТОКА (ЛИНЕЙНАЯ АРМАТУРА)

ЗАДВИЖКИ

Задвижки являются наиболее распространенным видом трубопроводной арматуры. Они состоят из следующих основных деталей: корпуса, крышки, запирающего элемента и шпинделя. Запирающий элемент перемещается между уплотнительными кольцами корпуса посредством шпинделя, закрывая при этом проход для потока жидкости. Основными положениями для запирающего элемента являются или полностью открытое или полностью закрытое. Задвижки, имеющие внутри корпуса шпиндель с приводной гайкой, находящимися в контакте со средой, являются задвижками с невыдвижным шпинделем (рис. 9). Такие задвижки не применяются в случаях загрязненных или коррозионных сред. Для подобных условий применяются резьбовые пары, установленные снаружи, вне контакта с рабочей средой. Это задвижки с выдвижным шпинделем (рис. 10).

Задвижки широко используются для пропуска сплошного потока среды. Запирающий клин или диски выводятся из траектории движения потока и обеспечивают минимальный перепад давления (гидравлическое сопротивление) пара, воды, газа и многих других сред. Тем не менее, задвижки не могут быть рекомендованы для целей регулирования потоков, поскольку вероятно возникновение эрозии на деталях в положениях, близких к закрытию. Основные детали могут выполняться в различных исполнениях и снабжаются патрубками с резьбой, под приварку и фланцами. Задвижки изготавливаются в широком диапазо-

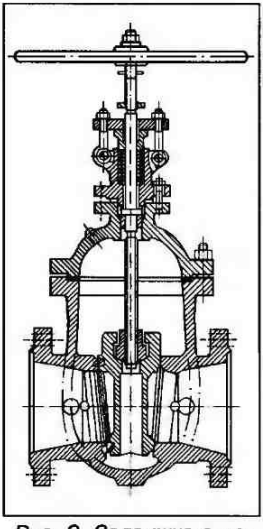

Рис. 9. Задвижка с невыдвижным шпинделем

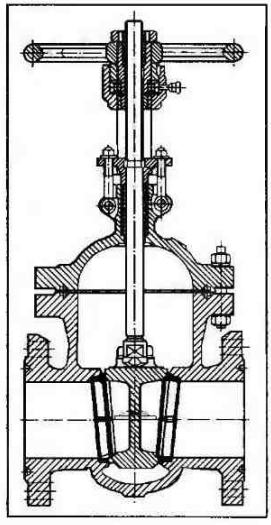

Рис. 10. Задвижка с выдвижным шпинделем

не конструктивных исполнений, включающих различные запирающие элементы, уплотнительные седла для удовлетворения различных требований эксплуатации.

Задвижки со сплошным клином

В этих задвижках запирающий элемент выполнен в виде сплошного клина с соответствующими исполнениями уплотнительных колец в корпусах задвижек (рис. 11). Преимущества резьбы на шпинделе, действующей с учетом угла клина, обеспечивают соответствующее распределение усилий, включающих давление среды, без необходимости приложения больших усилий на маховике. Уплотнительные поверхности выполняются металл по металлу, наплавляются твердыми наплавками (например, стеллитом, ЦН 6, ЦН 12), с фторопластовыми кольцами, запрессованными в клин, или полностью защищены покрытием типа фторопласта. В некоторых конструкциях уплотнительные поверхности выполняются из упругого материала. Это обеспечивает плотное перекрытие потока малым крутящим моментом. Мягкое уплотнение применяется в основном для целей управления коррозионными или чистыми средами (например, питьевой водой).

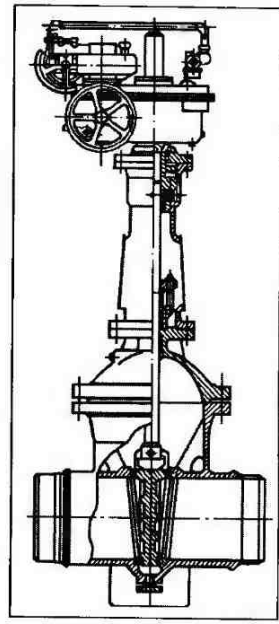

Рис. 11. Задвижка со сплошным клином

Конструкция задвижек с мягким уплотнением хорошо осуществляет уплотнение, обеспечивая герметичность во входном и выходном патрубках. Патрубок для дренажа предусматривается в центральной камере между уплотнительными поверхностями. Об утечке можно судить по течи через дренажный патрубок.

Для целей водоснабжения используются чугунные задвижки с цельным клином, в которых клин покрывается эластомерным материалом. Станочная обработка уплотнений корпусов задвижек облегчается применением специальных литейных форм.

Задвижки с упругим клином

Для исключения прикипания при высоких температурах и достижения хорошей герметичности разработан упругий диск, состоящий из двух половин, соединенных в центре, например коротким валом, позволяющим половинкам клина менять положение друг относительно друга на несколько градусов (рис. 12). Упругий клин

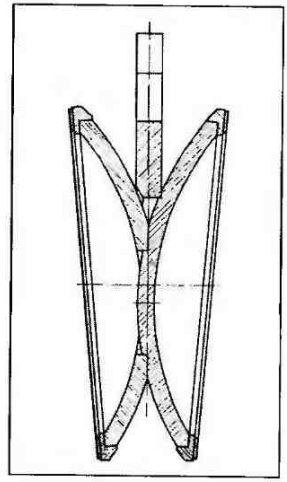

Рис. 12. Упругий клин (Усть-Каменогорский арматурный завод)

делает задвижку герметичной с двух сторон в широком диапазоне давлений и температур и требует минимального управляющего усилия.

К вариантам, развивающим идею упругого диска, могут быть отнесены двухдисковые задвижки, шиберные, в том числе с шибером из толстостенного проката и ножевые, параллельные, коробчатые и шланговые.

Двухдисковые задвижки

Запирающий элемент выполнен в виде двух дисков, которые прижимаются к параллельным седлам посредством клина, принудительно раздвигающего диски (рис. 13). Это обеспечивает герметичность уплотнения как на входе, так и на выходе независимо от влияния перепада рабочей среды. Первым движением на открытие диски освобождаются от усилия прижатия к седлам, и дальнейший подъем происходит без трения, что предохраняет уплотнительные поверхности от изнашивания.

Двухдисковые задвижки используются в водяных, нефтяных и газовых магистральных трубопроводах. Для пара двухдисковые задвижки обычно не применяют, поскольку быстрое расширение и высокая скорость потока пара вызывают вибрацию внутренних деталей, что является причиной ускоренного изнашивания.

Если растущая температура воздействует на закрытую задвижку, возрастает опасность роста давления между дисками. Однако благодаря перпендикулярности к оси патрубков и параллельности друг другу ремонт или притирка уплотнительных поверхностей в этих задвижках осуществляются легче, чем в задвижках с клиновым запирающим элементом.

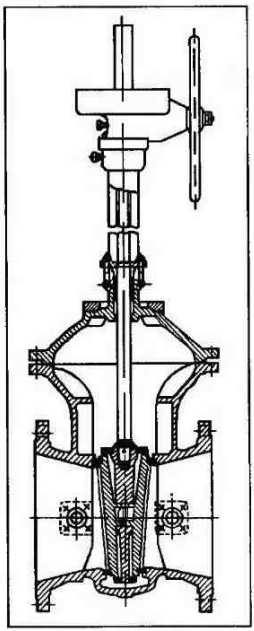

Рис. 13. Двухдисковая задвижка

Выбор конструкции задвижек должен быть направлен на получение оптимального соотношения цены и качества. Например, в стальных задвижках сравниваются четыре исполнения по клиньям: 1) цельный клин; 2) цельный клин с фторопластовым уплотнением; 3) упругий разрезной клин; 4) двухдисковый клин. Каждое из этих исполнений имеет как положительные, так и отрицательные стороны. Наименьшей металлоемкостью обладают задвижки с цельным клином, но в то же время для обеспечения герметичности по затвору являются и самыми трудоемкими при подгонке углов между корпусом и клином. А двухдисковые задвижки, наоборот, являются самыми металлоемкими, но позволяют с меньшими трудозатратами добиться нужной герметичности по затвору. Задвижки с упругими разрезными клиньями занимают промежуточное положение по этим свойствам. Наилучшими в этом плане являются задвижки с

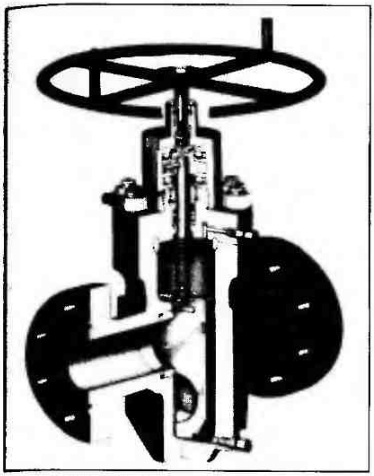

Рис. 14. Шиберная задвижка с толстостенным шибером (Воронежский механический завод)

цельным клином с фторопластовым уплотнением, но их применение ограничено температурой и повышенными требованиями к отсутствию примесей в рабочей среде.

Шиберные (однодисковые) задвижки с толстостенным шибером

Запирающий элемент (шибер) в некоторых модификациях задвижек выполнен в форме плиты с параллельными уплотнительными поверхностями (рис. 14). В нем выполнено отверстие диаметром, равным диаметру патрубков, которое устанавливается против патрубков в открытом положении. В закрытом положении против патрубков находится плита без отверстия. Задвижка характеризуется формой корпуса, имеющего высоту над патрубками больше традиционной, для размещения удвоенной высоты запирающего элемента.

Простота, полнопроходность, неразрывность потока рабочей среды, возможность получения различных рабочих характеристик уплотнений в седлах и запирающем элементе делает эти задвижки широко применяемыми различными потребителями.

Шиберные ножевые задвижки

Как следует из названия, в ножевые задвижки устанавливается запирающий элемент с острой кромкой, подобной ножу или гильотине, для перекрытия потока рабочей среды (рис. 15). Ножевой запирающий элемент помещается в корпусе, но обычная конструкция сальникового уплотнения не может быть применена. Задвижки идеально подходят для использования на вязких, порошкообразных средах, пульпах, шламах, сточных водах и применяются в горной, пищевой, цементной, целлюлозно-бумажной промышленности. Ножевые задвижки изготавливаются с уплотнениями металл по металлу или мягкими седлами, которые полностью герметичны в обоих направлениях.

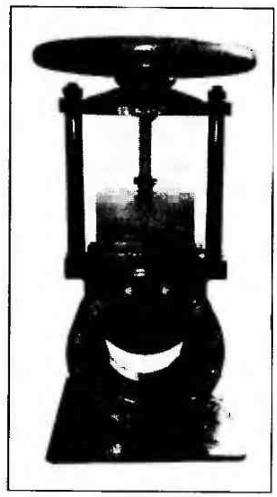

Рис. 15. Шиберная ножевая задвижка (Фирма «Текскомп-Китэма»)

Существуют шиберные задвижки с корпусами прямоугольной (рис. 16) и цилиндрической формы (рис. 7). На английском языке эти задвижки называются «Penstock valves», что в буквальном переводе означает

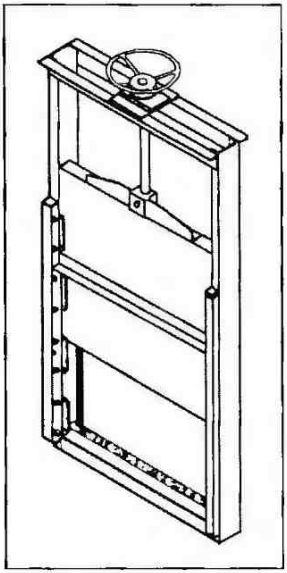

Рис. 16. Задвижка с корпусом прямоугольной формы

«затвор напорного трубопровода, затвор турбинного водовода». Эти конструкции предназначены для управления большими объемами чистой воды и/или сточных вод и иногда для газоходов особо крупных размеров и обычно изготавливаются из листовой стали или чугуна. Подобные задвижки на голландском языке называются «клинкетами». Задвижки прямоугольной формы изготавливаются с преимущественным соотношением размеров сторон 2:3 при вертикальном монтаже и 4:3 при горизонтальном. Маховики применяются обычные, шпиндель выдвижной, допускающий контакт с жидкостью и легкое пополнение смазки.

Следует отметить, что в судовом арматуростроении исторически была допущена некоторая неточность в терминологии. Первоначально термин «клинкет» означал «впуск у шлюза, задвижку в шлюзовых воротах». Морской словарь, изданный в 1953 году, дает следующее определение: «Клинкет – затвор шлюза, перемещаемый между направляющими».

В конструкциях судов клинкетами называются устройства, открывающие или закрывающие доступ жидкости в различные емкости, например балластные цистерны. Это могут быть задвижки клиновые, параллельные, шиберные, двухдисковые и т.п.

Позже, по-видимому, из-за созвучия клинкетными стали называть все клиновые задвижки, применяемые в судостроении. Этот термин, на наш взгляд, необоснованно был включен в изданные позже морские словари и другие издания по судовой арматуре. По нашему мнению, клинкетными следует называть только задвижки, устанавливаемые на судовых клинкетах.

Параллельные задвижки

Параллельные двухдисковые задвижки (задвижки Лудло) с начала прошлого века и до настоящего времени остаются самой распространенной конструкцией. Заводы, начинающие производство арматуры (Лангензипена в 1878, Георгиевский чугунолитейный в 1912, Мышегский арматурный в 1938 году и др.), первой изготавливали именно эту задвижку. Сегодня она известна по т/ф 30ч6бр (30ч906бр), рис. 17.

Дальнейшее развитие получили параллельные двухдисковые задвижки с пружинами, установленными между дисками. Пружины прижимают диск с незначительным усилием к уплотнительным кольцам, а герметичность обеспечивается только в седле на выходе, когда давление отодвигает диск на входе и передает усилие для уплотнения на выходной диск. Когда давление во входном патрубке и полости между диска-

ми выравнивается, пружина прижимает диск на входе к седлу. Параллельные задвижки используются на небольших перепадах давления, необходимых для достижения герметичности и очистки систем. При закрытии обеспечивается изменение угла между дисками, как в задвижках с упругим клином, для расширения параметров, когда требуется применение при изменении температуры в широком диапазоне. Это делает конструкцию идеальной для использования на паре.

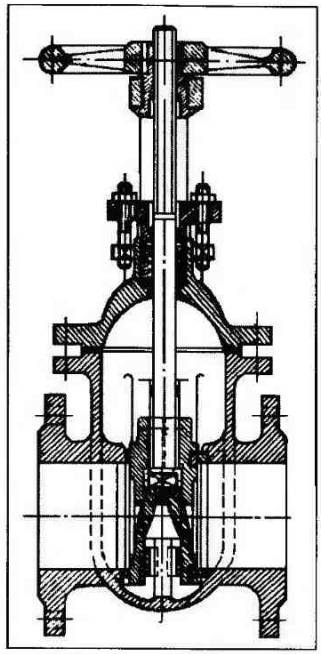

Рис. 17. Параллельная двухдисковая задвижка (Лудло)

При конструировании задвижек рекомендуется выполнять несколько правил, продиктованных практикой. Для любых задвижек с металлическим уплотнением для получения герметичности высокого класса и долговечности целесообразно выполнять следующие рекомендации:

- ширина уплотнительных поверхностей клина должна быть больше ширины уплотнительных поверхностей корпуса. Это исключает возникновение вмятин на корпусе от колец клина;
- твердость поверхностей клина должна быть выше, чем у аналогичных поверхностей на корпусе не менее, чем на 30 единиц по Бринеллю;
- корпус в области расположения уплотнительных поверхностей должен выполняться массивным для исключения монтажных деформаций. К сожалению, методы расчета жесткости корпусов как задвижек, так и запорных клапанов пока не востребованы и поэтому не разработаны.

  Приведенная рекомендация актуальна и для других видов арматуры. Несмотря на требования инструкций по эксплуатации, запрещающих нагружение патрубков арматуры при монтаже, это явление имеет место в жизни, когда арматура воспринимает нагрузки от исправления несоосности трубопроводов относительно арматуры и объективно существуют трудности выполнения точной подгонки труб, предназначенных для соединения с арматурой. Последняя вынуждена воспринимать нештатные нагрузки, что приводит к нарушению точности геометрии уплотнительных поверхностей и их подгонке при сборке. Поэтому необходимо выполнять патрубки менее жесткими, чем другие элементы конструкции;
- в технологическом процессе изготовления задвижек целесообразно применять базирование корпусов в трех точках на поворотном столе. Только тогда можно получить точные углы наклона уплотнений как на входе, так и на выходе арматуры. Базиро-

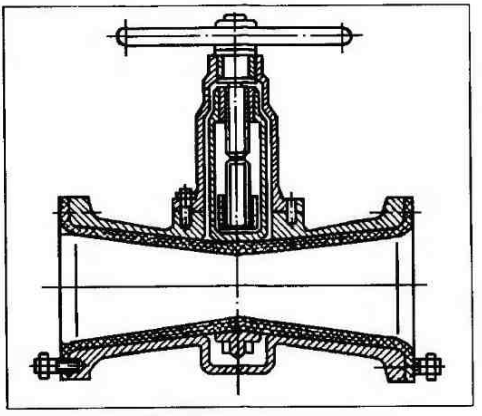

Рис. 18. Шланговая задвижка

вание зажимом фланцев в патроне токарного станка никогда не позволит обеспечить высокий класс герметичности, так как при снятии со станка и новой установке корпусов невозможно выполнить с необходимыми допусками заданные углы и соосность.

Шланговые задвижки

Шланговые задвижки — наиболее простые конструкции арматуры, где используют эластомерные патрубки или трубы, которые могут быть пережаты в средней части. Простейшие примеры — зажимы, используемые в лабораториях для управления потоками в резиновых трубках. В промышленном варианте используются траверсы, шпиндель с маховиком, а стенки патрубка пережимаются траверсами до соприкосновения, обеспечивая полное закрытие прохода (рис. 18). Управляющий механизм и корпус арматуры не контактируют с рабочей средой. Это делает задвижки чрезвычайно эффективными в управлении агрессивными и сильно коррозионными средами, а их полнопроточные гидравлические характеристики обеспечивают хорошие результаты в управлении пульпами, вязкими, сыпучими средами и взвесями.

Патрубки шланговых задвижек изнашиваются и требуют замены, но конструкция задвижек настолько проста, что замена патрубков может быть легко осуществлена. Патрубки не могут быть восстановлены обычным обслуживанием в связи с экстремальными деформациями, работой с пережимом и интенсивным повреждением от воздействия абразивов и поэтому требуют профилактического ремонта. Задвижки используются преимущественно в горной промышленности, на целлюлозно-бумажных комбинатах, в металлургии, стекольной промышленности и производстве пищевых продуктов.

Исполнение шпинделей (резьбовых элементов бугельных узлов)

Существуют три базовых исполнения резьбовых пар шпинделя и ходовой гайки, различаемые по расположению в арматуре:

а) внутреннее расположение, выдвижной шпиндель;

б) внутреннее расположение, невыдвижной шпиндель;

в) наружное расположение, выдвижной шпиндель.

Внутреннее расположение и выдвижной шпиндель легки в изготовлении и наиболее широко применяются в арматуре малых размеров. Их полезным свойством является возможность определить положение запирающего элемента по положению шпинделя. Однако внут-

ренний резьбовой узел не используется в случае применения задвижек на коррозионно-активных или вредных средах, вызывающих эрозию, а также на высокотемпературных средах, когда их применение может стать причиной заклинивания резьбы внутри корпуса арматуры.

В случае внутренней резьбы и невыдвижного шпинделя последний не имеет осевого перемещения и совершает только вращательное движение. Это исполнение применяется преимущественно в случаях, когда ограничена высота помещения. Устранение подъема и опускания шпинделя снижает износ сальникового уплотнения, а также внесение в рабочую среду загрязнений.

Во внешнем резьбовом узле при выдвижном шпинделе резьбовая пара расположена снаружи корпуса арматуры и не подвержена воздействию рабочей среды. Резьба шпинделя удобна для смазывания, а положение шпинделя соответствует степени открытия прохода. Высота помещения должна быть достаточной для полного хода шпинделя, который необходимо защитить от повреждений.

Техническая характеристика

Размеры	15...2250 мм (1/2"...90")
Рабочее давление	1,9...240 МПа (275...3500 фн/дюйм^2)
Рабочая температура	–196...+650°С
Материалы	Большинство стандартных марок
Присоединения	Межфланцевое, фланцевое, сварное на резьбе
Применение	Открывание – закрывание, однородные жидкости, некоторое дросселирование при небольших перепадах давлений

Шланговые задвижки

Размеры	DN 3...750 мм (1/8"...30")
Рабочее давление	0...1,6 МПа (0...232 фн/дюйм^2)
Рабочая температура	0...175°С (32... 350°F)
Материалы	Чугун, сталь, алюминий – для корпусов; эластомеры и фторопласт – для патрубков
Присоединение	Фланцевое
Применение	Твердые фракции; широкий диапазон суспензий, производство пищевых продуктов

ЗАПОРНЫЕ КЛАПАНЫ

Запорные клапаны с резьбовыми шпинделями создаются для регулирования или перекрытия потока среды. Они открывают и закрывают проход немного быстрее, чем задвижки и эффективны при необходимости частых переключений или регулирования, например в бытовом водоснабжении. Они, однако, неэффективны для управления легко кипящими жидкостями, поскольку могут вызывать разрыв потока в связи с изменением направления движения жидкости (рис. 19).

Поток через запорные клапаны, в отличие от потока в задвижках, изменяет направление движения. Клапаны имеют высокий коэффици-

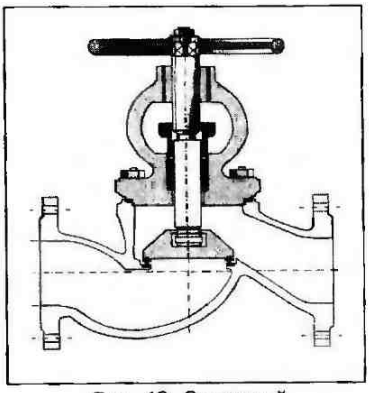

Рис. 19. Запорный клапан проходной

ент гидравлического сопротивления, зачастую вызывают турбулентность и приводят к существенным потерям давления. При регулировании потока степень открытия проходного сечения пропорциональна числу оборотов маховика. (Оператор может приблизительно оценить расход по числу оборотов маховика. Например, если для полного открытия клапана необходимо сделать 4 оборота, то один оборот соответствует 25% потока (расхода), два оборота — 50% и т.д.).

Золотник может иметь различные конфигурации для получения лучших гидравлических характеристик. Он может быть выполнен конической формы в сочетании с коническим седлом в корпусе, позволяющим получить удовлетворительную гидравлическую характеристику и хорошую устойчивость к задиру, эрозионному изнашиванию и рискам, возникающим в процессе регулирования (дросселирования). Другая специальная конструкция клапана может использовать полый золотник V-образной формы или корпус с обработанным по заданному контуру седлом для расширения диапазона изменения расхода. Седло и золотник с уплотнением из фторопласта или другого пластика используются для достижения герметичного закрытия от незначительного (минимального) усилия. Мягкое уплотнение, однако, быстро повреждается от возникновения на нем рисок.

Как правило, золотник и шпиндель являются отдельными деталями и соединяются таким образом, что золотник поворачивается независимо от шпинделя. Это позволяет золотнику контактировать с седлом по большой площади, но с трением, что может вызвать повреждение уплотнительных поверхностей.

Заменой золотника можно продлить ресурс клапана в системе после демонтажа вместе с крышкой. Уплотнительные характеристики могут быть также быстро восстановлены до состояния «как новые» заменой уплотнительных колец.

Конфигурации корпусов запорных клапанов описаны ниже.

1. *Проходной клапан* с входным и выходным патрубками, расположенными на одной оси (рис. 19).

2. *Угловой клапан* с входным и выходным патрубками, расположенными под углом 90°. Поток делает в нем только один поворот, что уменьшает падение давления по сравнению с этим параметром в прямоточных (проходных) клапанах. Для лучших схемных решений угловые клапаны могут с целью экономии фитингов использоваться как 90°-ные отводы (рис. 20).

3. *Наклонная конструкция* с входным и выходным патрубками, расположенными на одной оси, но проходное отверстие выполнено наклон-

ным, что обеспечивает благоприятные условия для движения потока, в результате чего становятся меньше потери давления на клапане (рис. 21).

4. *Игольчатая конструкция* для обеспечения лучших характеристик регулирования потока, обычно применяемая на арматуре малых диаметров. Золотник выполнен с заостренным (игольчатым) профилем и изготовлен заодно со шпинделем, который садится в отверстие седла. Резьба шпинделя выполняется с большей точностью, чем обычно, для обеспечения добротного регулирования потока (рис. 22).

Стандартные проходы не превышают 200 мм (8''), хотя диаметры запорных клапанов могут быть много большими. Свыше этих размеров осевые нагрузки на шпиндель от давления среды, действующего на площадь золотника, делают ручное управление затруднительным или даже невозможным. Специальные разгруженные конструкции предусматривают уравновешивание осевых усилий от золотника и делают управление легче.

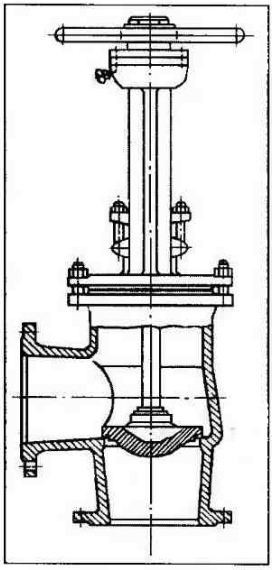

Рис. 20. Запорный клапан угловой

Запорные клапаны могут быть с выдвижным шпинделем, что позволяет осуществлять визуальный контроль за положением золотника и степенью открытия клапана и облегчает смазку резьбовой пары. С другой стороны, невыдвижной шпиндель также имеет применение, так как позволяет осуществлять монтаж в условиях, ограниченных по высоте и уменьшить износ. Они обычно изготавливаются из чугуна, углеродистой, карбамидной и нержавеющей сталей, бронзы или латуни для использования на воде, нефти, маслах, в химической промышленности и строительстве. Для увеличения срока службы на уплотнительных поверхностях

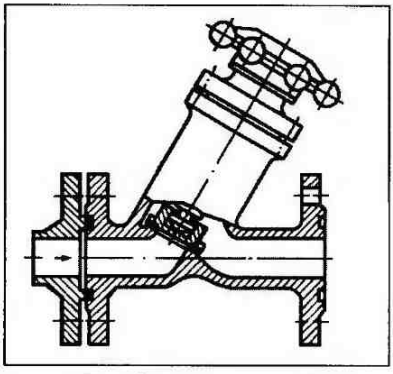

Рис. 21. Прямоточный запорный клапан

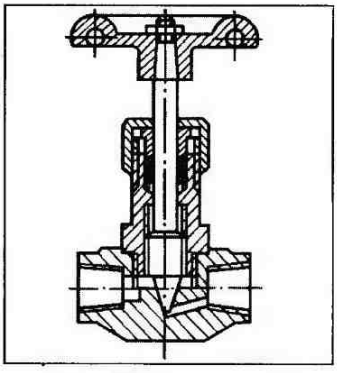

Рис. 22. Игольчатый запорный клапан

стальных клапанов применяется наплавка золотников легированной сталью с 13%-ным содержанием хрома или стеллитом.

При проектировании запорных клапанов целесообразно выполнять некоторые рекомендации:

- в запорных клапанах, предназначенных для работы с числом циклов более 1000, следует применять плоское уплотнение;
- конусное уплотнение целесообразно использовать при наличии в рабочей среде загрязнений;
- в клапанах с конусным уплотнением золотник и шток не должны вращаться, причем, чем выше рабочее давление и температура, тем более жесткие допуски на размеры и геометрические характеристики должны задаваться. Особое внимание должно быть обращено на обеспечение соосности проходного отверстия с резьбовой втулкой;
- следует избегать резьбовых соединений корпусов с крышками при температурах 200° и выше;
- хорошо зарекомендовали себя упругие элементы, вводимые в конструкции уплотнений, например тонкостенные кольца, выполняемые на плоских уплотнительных поверхностях корпусов, способные упруго деформироваться при контакте с конусными золотниками.

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ (СОЛЕНОИДНЫЕ) КЛАПАНЫ

Это небольшие клапаны, которые управляются соленоидами и обычно используются в контрольно-измерительной аппаратуре. Клапаны открываются и закрываются электрическим сигналом и могут изготавливаться в двух основных моделях:

1) клапаны обычно в открытом положении, когда электрический сигнал выключен (НО);

2) клапаны обычно в закрытом положении, когда электрический сигнал выключен (НЗ).

Соленоиды могут обслуживаться переменным током от сети, через трансформатор или постоянным током от батареи или генератора постоянного тока. Соленоиды постоянного тока действуют медленно, и электромагнитные клапаны с ними работают на низких давлениях. Соленоиды переменного тока действуют гораздо быстрее и обеспечивают работу клапанов при более высоких давлениях. На рис. 23 показан клапан прямого действия, в котором сердечник закрывает или открывает основное отверстие клапана.

Другой тип электромагнитного клапана (непрямого действия) показан на рис. 24. В нем сердечник закрывает или открывает вспомогательное отверстие, соединяющее полость над мембраной с трубопроводом за клапаном. Поскольку площадь мембраны больше площади основного золотника, давление среды через мембрану прижимает золотник к седлу, обеспечивая герметичность. При открытии вспомогательного отверстия при срабатывании соленоида давление над мембраной сбрасывается в трубопровод за клапаном, и под действием давления среды золотник поднимается, открывая основное отверстие.

Другие, более сложные трех- и четырехходовые клапаны, управляемые от соленоидов или вручную, называемые распределителями, используются в широком диапазоне специальных применений.

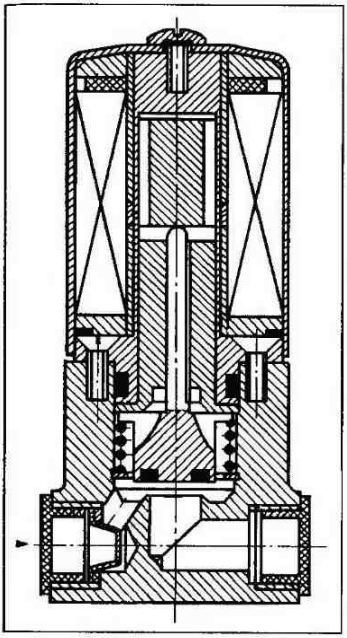

Рис. 23. Соленоидный клапан прямого действия

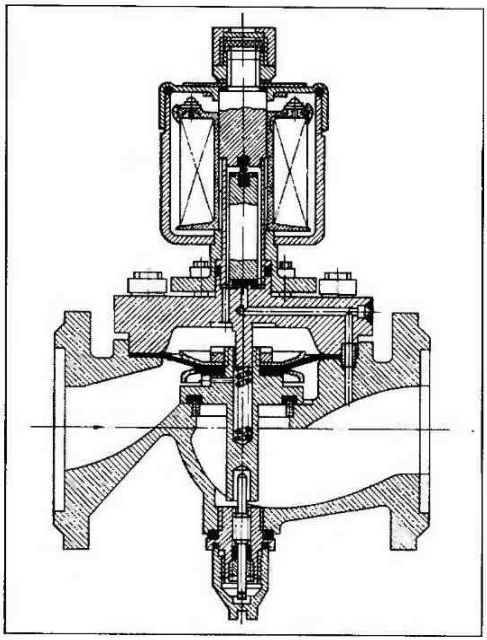

Рис. 24. Соленоидный клапан непрямого действия

Техническая характеристика

Размеры	6...400 мм (1/4"...16")
Рабочее давление	1,9...8,6 МПа (275...1250 фн/дюйм^2)
Рабочая температура	–196...+650°С (–320...+1200°F)
Материалы	Большинство металлов
Присоединения	Резьбовое, фланцевое, на сварке
Применение	В обычных и экстремальных случаях, при высоких температурах, в криогенных и агрессивных средах

МЕМБРАННЫЕ КЛАПАНЫ

Мембранные (диафрагмовые) клапаны были впервые применены в 20-х годах прошлого столетия в линиях сжатого воздуха и проявили себя настолько успешно, что быстро распространились в управлении другими рабочими средами. Сегодня трудно найти отрасль промышленности, строительства и транспорта, где не применяются мембранные клапаны. Существуют две базовые конструкции (рис. 25):

1. С затвором типа «улыбка», отличающимся поднятым седлом в корпусе, над которым смонтирована эластомерная или фторопластовая диафрагма. Когда маховик опускает шпиндель вниз для закрывания клапана, диафрагма садится на выступ, отсекая поток рабочей среды;

2. Полнопроходной тип, в котором используется диафрагма, закрепленная параллельно оси потока, и полное закрытие осуществляется опусканием траверсы, прижимающей диафрагму к стенкам корпуса. Полное открытие проходного отверстия обеспечивает минимальное гидравлическое сопротивление.

Клапаны состоят из трех основных деталей – корпуса, мембраны (диафрагмы) и управляющего узла в крышке, изолированного от рабочей среды.

Корпус может быть изготовлен из широкого диапазона материалов, включая чугун, шаровидный чугун, бронзу, углеродистую и нержавеющую сталь. Он может быть покрыт разными эластомерами, полимерами, быть стеклянным или полностью полимерным для высокоагрессивных и абразивных сред. Перечень материалов диафрагм с каждым годом становится все шире, часть их приведена в табл. 16, где показаны типовые примеры, позволяющие применять клапаны в широком диапазоне температур и рабочих сред.

Поскольку диафрагма изолирует движущиеся детали от воздействия рабочих сред, крышка может быть изготовлена из чугуна или чугуна с

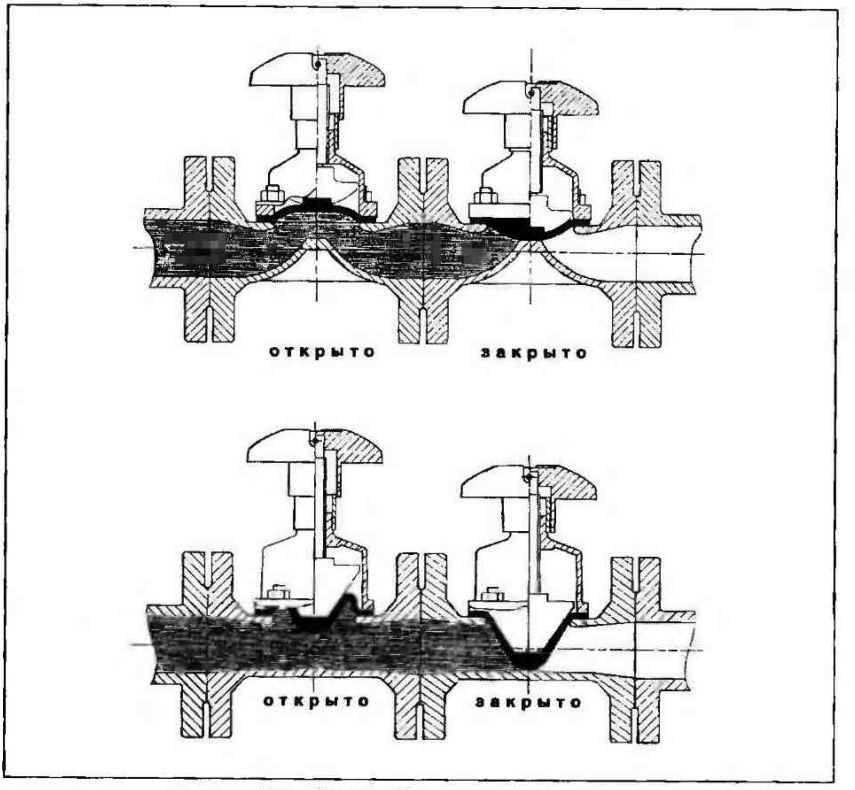

Рис. 25. Мембранные клапаны

Таблица 16

Материал мембран для разных применений

Материал	Размер		Температура		Основное применение
	мм	дюймы	°C	°F	
Бутилкаучук	15...350	0,6...14	−30...+90	−22...+134	Кислоты
Нитрилкаучук	15...350	0,6...14	−10...+90	14...134	Нефть, жиры, топливо
Неопрен	15...350	0,6...14	−20...+90	−4...+134	Масла, воздух, радиоактивные жидкости
Натуральный и синтетический каучук	15...350	0,6...14	−40...+90	−36...+134	Абразивы, пивоварение, и слабые растворы кислот
Белый натуральный каучук	15...125	0,6...5	−35...+90	−31...+134	Продовольствие, фармацевтика
Белый бутил	15...150	0,6...6	−30...+100	−22...+212	Натуральные краски, пищевые добавки, фармацевтика
Витон*	15...350	0,6...14	5...140	41...284	Щелочи, серные и хлорные реактивы
Гипалон*	15...350	0,6...14	0...90	32...134	Кислоты, стойкость в озоне
Бутиловый каучук	15...350	0,6...14	−20...+120	−4...+248	Горячая вода, влажный пар, рафинирование сахара

*Торговая марка «Дюпон»

покрытием для большинства условий применений. Это также позволяет эффективно применять клапаны для управления агрессивными средами как коррозионными, так и нейтральными. Благодаря этому клапаны используются в широком диапазоне промышленных технологий, включая химическую, пищевую, фармацевтическую, биотехнологическую, нефтяную, газовую, горную, нефте- и газоперерабатывающую промышленность, в производстве целлюлозы и бумаги, в водоснабжении и энергетике.

Техническая характеристика

Размеры	DN 6...500 мм (1/4"...20")
Рабочее давление	Вакуум – 2,0 МПа (300 фн/дюйм^2)
Рабочая температура	0...175°C (−30...+50°F)
Материалы	Все стандартные материалы
Присоединения	Фланцевое, резьбовое, на сварке
Применение	Большинство известных сред (жидкости и газы)

Глава 8

АРМАТУРА С ВРАЩАЮЩИМСЯ ШТОКОМ

ПРОБКОВЫЕ КРАНЫ

Название кран пробковый или просто кран дано старейшему виду арматуры, состоящему из корпуса с коническим или, что много реже, цилиндрическим посадочным отверстием, в котором установлена пробка. (Термин «пробковый кран» относится и к шаровым кранам. Для простоты изложения в настоящем издании пробковыми кранами условимся называть только конические и цилиндрические краны).

В пробке имеется сквозное отверстие, положение которого относительно проходных отверстий в корпусе определяет степень открытия и расхода среды через кран. Положения пробки, отличающиеся на 90°, определяют полное открытие или закрытие потока среды. Краны, как и другие поворотные конструкции арматуры, требуют минимального объема работ при монтаже, просты в управлении, обладают быстрым срабатыванием и создают относительно небольшие искажения (деформацию) потока.

Падение давления в кране небольшое, и краны легко выполняются многоходовыми. Краны используются во всех отраслях промышленности в условиях, где закрытие при низких температурах допустимо, и полости в арматуре незначительны.

Существует много модификаций и конструкций кранов.

1. *Краны без смазки,* в которых можно конструктивно обеспечить низкое усилие трения между поверхностями пробки и корпуса.

2. *Краны со смазкой,* в которых специальная смазка-уплотнитель может вводиться при периодическом обслуживании под давлением между уплотнительными поверхностями пробки и корпуса.

Они могут быть далее классифицированы по конфигурации пробки и патрубков:

1. *Полнопроходные цилиндрические* – с полной площадью круглого отверстия как в пробке, так и в корпусе;

2. *Прямоугольные* – с прямоугольными отверстиями в корпусе и пробке;

3. *Зауженные* – когда площадь отверстия в пробке меньше площади стандартных трубопроводов;

4. *Ромбовидные* – когда отверстие в пробке выполнено ромбовидной формы;

5. *Многоходовые* – с тремя или более патрубками, используемые главным образом для отвода или перемещения среды;

6. *Эксцентриковые* – объединяющие половину пробки для прямого пропуска среды с высокой пропускной способностью и односторонним герметичным закрытием.

Краны изготавливаются из различных материалов: бронзы, латуни, углеродистой и нержавеющей стали, а также из «экзотических» сплавов и полимеров. Существуют также полнопроходные краны, где все контактирующие со средой поверхности покрыты фторопластом или плавким графитом, для высококоррозионных и токсичных сред.

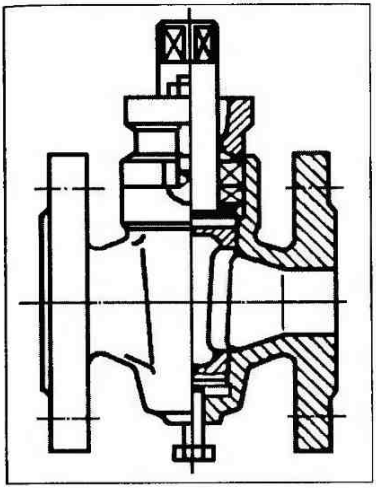

Рис. 26. Кран конический

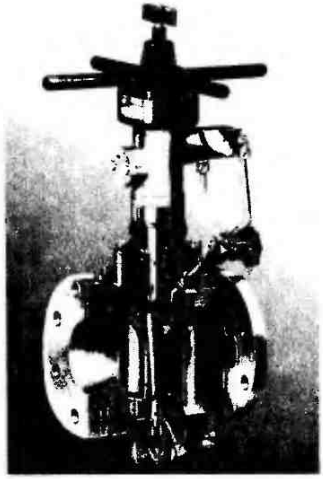

Рис. 27. Кран конический двухсегментный (фирма Hindle)

Несмазываемые краны

Это наиболее простая конструкция кранов, широко используемая в химической и нефтехимической промышленности, где смазки неприменимы. Подтягиваемый сальник или подпружиненная пробка уменьшают износ и облегчают управление. Конические или параллельные пробки гарантируют управление без заеданий с обеспеченным посадочным усилием и требуют меньшего технического обслуживания. Самосмазывающиеся свойства пластиков, например фторопласта, делают краны особо привлекательными для применений, где обычные смазки для арматуры недопустимы (рис. 26).

Вариант крана без смазки изображен на рис. 27, где пробка имеет форму двух сегментов, соединенных в нескольких местах и образующих упругую уплотнительную конструкцию, которая прижимается к корпусу крана. Пробка выполнена заодно со штоком крана и может подниматься и опускаться при повороте на 90° с использованием специального управляющего устройства. Эта конструкция устраняет износ уплотнения, является полностью пожаростойкой и герметичной во входном и выходном патрубках, таким образом, обеспечивая «двойной» дренаж в закрытом положении.

Краны со смазкой

Эта конструкция широко используется для хранения и транспортировки нефтепродуктов, в распределительных и очистных установках до давления 6,3 МПа и изготавливаются с конусными или цилиндрическими патрубками (рис. 28). Уплотнительная смазка впрыскивается под давлением в зазор между уплотнитель-

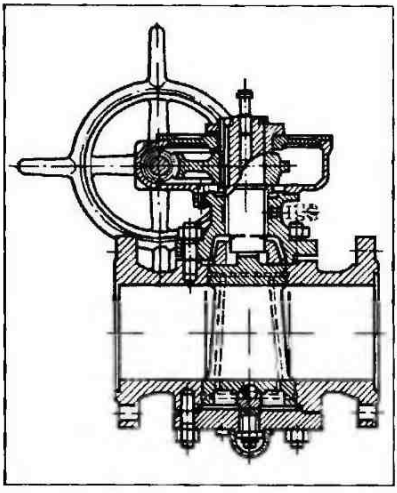

Рис. 28. Кран со смазкой

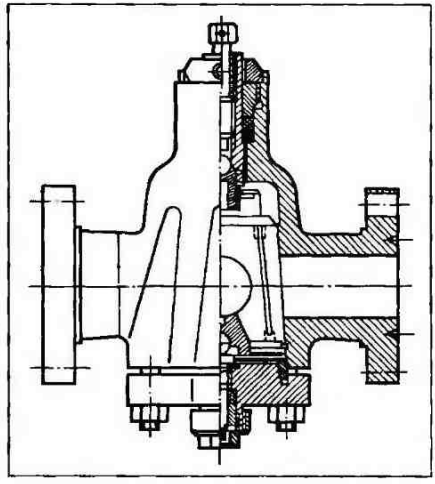

Рис. 29. Уравновешенный конический кран

ными поверхностями корпуса и пробки. Она продавливается через невозвратный клапан посредством винтовой пресс-масленки для консистентной смазки и достигает уплотнительных поверхностей через систему трубок или канавок в пробке и корпусе. Смазка устраняет негерметичность между пробкой и корпусом и защищает уплотнительные поверхности от коррозии и эрозии. Уплотнительные поверхности могут также покрываться фторопластом для обеспечения заданных технических характеристик.

Уравновешенные конические краны

Давление среды в обычных конических кранах в открытом положении может распространиться в полость под пробкой. При этих условиях результирующая сила будет действовать на пробку в сторону камеры, вызывая заклинивание крана. Уравновешенные конические краны спроектированы так, чтобы использовать давление в трубопроводе для уравновешивания сил в кране (рис. 29).

Уравновешивающая система содержит два отверстия в пробке для соединения полостей над и под пробкой с давлением в системе. Через соединительную линию давление под малым торцом пробки уравновешивается возникающим усилием и предотвращает блокировку пробки, но необходимо регулярно подавать смазку для обеспечения полного поворота пробки.

Эксцентриковые краны

Эти краны используются в системах водоподачи и отвода сточных вод и способны изменять упругость пробки для обеспечения герметичного закрытия без использования уплотнительной смазки. Когда проход закрывается, уплотнительная поверхность пробки перемещается без трения об уплотнительную поверхность кор-

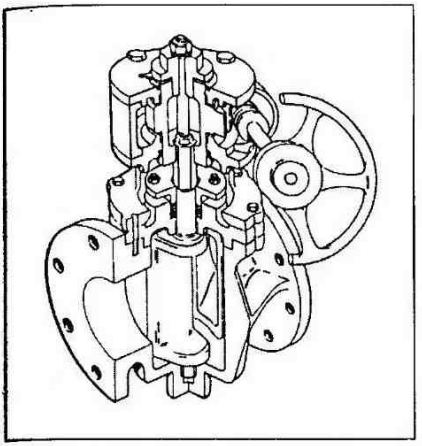

Рис. 30. Эксцентриковый кран (фирма De Zurik)

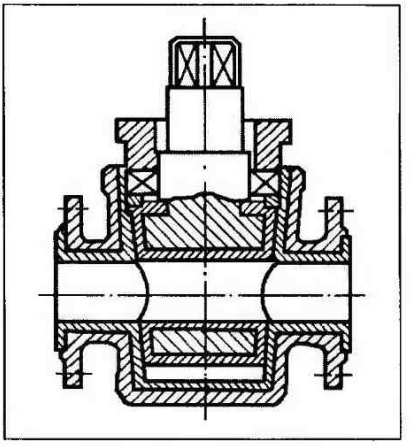

Рис. 31. Футерованный конический кран

пуса. Это устраняет заедание и износ, и краны используются на неочищенных сточных водах, воздухе, в водоснабжении, на газопроводах, мелкозернистых фракциях и всех других видах пульпы (рис. 30).

Футерованные краны

Краны могут изготавливаться из относительно недорого чугуна, при этом для повышения стойкости к коррозии внутренние поверхности корпуса и пробки полностью покрываются тефлоном. Это делает краны применимыми на всех агрессивных средах с незначительными затратами (рис. 31).

Футеровка удерживается в канавках корпуса для ее фиксации и выполняется толщиной обычно 3 мм по всей площади для устойчивости к абразивному изнашиванию. Если футеровка повреждена, корпус подвергается коррозии.

Эти краны обычно используются в системах, где трубы футерованы, что оказывается намного экономичнее, чем применение в системах трубопроводов из высоколегированных сплавов и полностью пластмассовых, которые труднее обслуживать.

Преимущества пробковых кранов: поворот на 90° между положениями «открыто» и «закрыто», защищенность уплотнительных поверхностей, простота монтажа в системе, минимальное гидравлическое сопротивление, простая и прочная конструкция, длительный срок службы. Пробковые краны являются арматурой с верхним разъемом, и пробка может быть введена в корпус без снятия крана с трубопровода.

Управление пробковыми кранами

Пробковые краны могут управляться вручную гаечным ключом, рукояткой, через редуктор или неполноповоротным приводом,

приводимым в действие пневматикой, гидравликой или электричеством.

Техническая характеристика

Проходные сечения	DN 15...700 мм (1/2"...28")
Рабочее давление	0,1...6,3 МПа
Рабочая температура	–40...+240°С
Материалы	Чугун с шаровидным графитом, углеродистая сталь и все высоколегированные нержавеющие стали
Присоединение	Фланцевое, резьбовое, стыковая сварка, сварка в раструб
Применение	Многоцелевое, в том числе на АЭС, пожароопасных, хлорных средах, для регулирования, в вакууме, обогревах, отводах

ШАРОВЫЕ КРАНЫ

В настоящее время шаровые краны, прообразом которых были традиционные краны, укомплектованные новыми эластомерами и полимерными материалами для уплотнительных колец, стали полностью герметичными. Другими характеристиками шаровых кранов являются минимальное гидравлическое сопротивление, низкий крутящий момент, поворот на 90° между положениями «закрыто» и «открыто», низкие эксплуатационные затраты, компактная конструкция и пожаробезопасное исполнение, предусматривающее закрытие крана в случае возникновения пожара на заводе. Краны включают корпус, шаровую пробку, шток и уплотнительные кольца (рис. 32).

Существуют два базовых исполнения шаровых кранов: краны с плавающей пробкой, когда шар поддерживается уплотнительными кольцами, и краны с пробкой в опорах. Последние более приемлемы

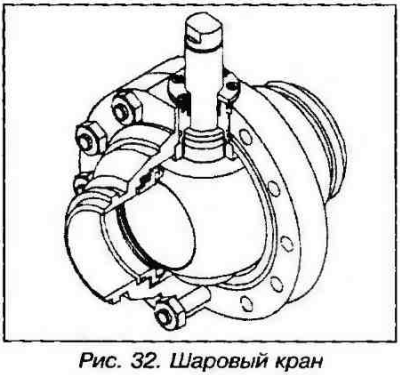

Рис. 32. Шаровый кран с плавающей пробкой

Рис. 33. Шаровый кран с пробкой в опорах

для высоких давлений и больших диаметров (рис. 33). Шаровые краны изготавливаются также с твердыми металлическими уплотнительными кольцами для использования на абразивных средах, при высоких температурах, в условиях дросселирования и пожароопасности.

Применяются четыре способа установки шара в корпус в обоих базовых исполнениях.

1. Корпус выполнен с одним или двумя разъемами и состоит из двух или трех частей, выполняющих функции фланцев. Корпусные детали соединены болтами, расположенными вокруг них. Эта конструкция называется кранами с корпусами из двух или трех частей.

2. Шар и уплотнительные кольца вставляются через верхний разъем. Эта конструкция называется «кран с верхним разъемом» (top entry valve).

3. Шар и уплотнительные кольца вставляются в корпус через разъем, расположенный перпендикулярно или под углом к оси трубопровода. Эта конструкция называется «кран с вертикальным или наклонным разъемом» (end entry valve).

4. Корпус крана заварен и не имеет разъемов. Ремонт этих кранов может выполняться только в оснащенных специальным оборудованием мастерских (рис. 34).

Краны с корпусами из двух или трех частей имеют преимущество в простоте обслуживания и ремонта. Краны с верхним разъемом обеспечивают условия для их обслуживания без демонтажа корпуса, в связи с чем их применение предпочтительно с точки зрения безопасности и оперативности. Установка кранов исключает возможность протечек через разъемы корпуса и их непроизвольного раскрытия при обслуживании.

Шаровые краны могут изготавливаться из проката, поковок или литья в исполнениях с одним, двумя или тремя разъемами с резьбовыми или сварными встык или в раструб патрубками.

Шаровые краны с плавающей (поддерживаемой седлами) пробкой используются при низких давлениях и температурах. В кранах с пробкой в опорах нагрузка от перепада давления в закрытом положении воспринимается подшипниками опор, а не уплотнительными седлами. Это позволяет использовать их при существенно больших давлениях и температурах.

Шаровые краны могут изготавливаться полнопроходными или зауженными. В полнопроходных кранах диаметр проходного сечения соответствует внутреннему диаметру трубопровода. Максимальное заужение прохода (минимальное сечение) регламентировано, например BS 5351, и приведено в табл. 17.

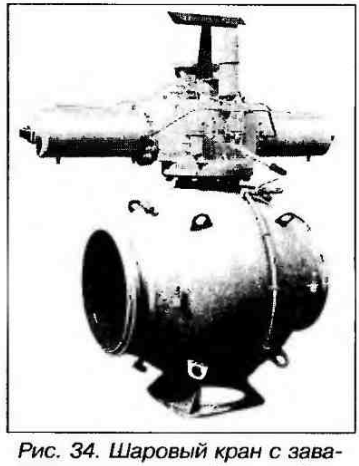

Рис. 34. Шаровый кран с заваренным корпусом (завод «Тяжпромарматура», Алексин)

Материалы, обычно применяе-

Таблица 17

Размеры зауженных проходов, дюйм

Номинальный диаметр	Полный проход	Зауженный проход
1/2	0,5	0,31
3/4	0,75	0,49
1	1,00	0,62
1,5	1,50	1,12
2	2,00	1,50
3	3,00	2,25
4	4,00	3,00
6	6,00	4,00
8	8,00	6,00
10	10,00	8,00
12	12,00	10,00
14	14,00	12,00

мые при изготовлении шаровых кранов, – углеродистая сталь 20Л или 25Л или сортовой прокат аналогичных марок для корпусных деталей и легированные стали 20Х13 и14Х17Н2 для пробок и штоков. Для применения на коррозионных или низкотемпературных средах корпуса и пробки кранов изготавливаются из нержавеющих сплавов. Для уплотнительных колец и уплотнений по штоку используется чистый или наполненный фторопласт как химически стойкий, так и обладающий низким коэффициентом трения (менее 0,1). Однако фторопласт теряет свои свойства при температурах выше 100°С, а при температуре 230°С его стойкость падает до 0. Это вынудило использовать графики зависимости рабочего давления от температуры для мягких уплотнений кранов. Указанная зависимость для чистого фторопласта регламентирована BS 5351 (рис. 35).

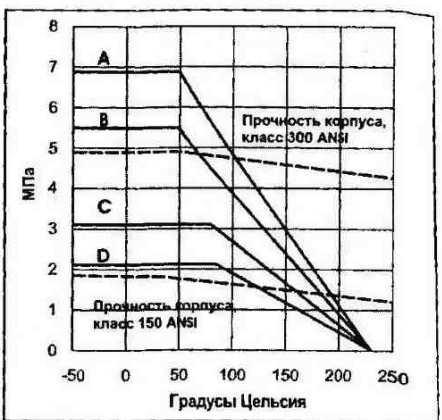

Рис. 35. Зависимость рабочего давления в шаровых кранах с уплотнениями из чистого фторопласта от температуры: A – 2"; B – 3"–4"; C – 6"...8"; D – 10"...14"

Нейлоны, полиэстер-кетоны (PEEK), флубон и другие модификации фторопласта, графитовые уплотнения, обычно терморасширенный графит используются для повышения стойкости при высоких давлениях и температурах.

Полностью футерованные шаровые краны, как и пробковые, изготавливаются для сильно агрессивных рабочих сред. Все соприкасающиеся со средой поверхности защищены фторуглеродным покрытием. Шар может также

быть полностью футерованным или изготовленным из твердой керамики и обеспечивает меньший крутящий момент по сравнению с футерованными пробковыми кранами. Как и в футерованных пробковых кранах, если покрытие будет повреждено, то ресурс незащищенного металлического корпуса существенно снижается.

Шаровые краны с мягкими уплотнительными кольцами могут использоваться для регулирования только с малыми перепадами давления. В противном случае высокая скорость среды быстро разрушает уплотнительные кольца. При необходимости использования кранов для регулирования с большими перепадами давления и высокими скоростями рабочих сред применяются металлические уплотнительные кольца и твердые покрытия шаров.

Шаровые краны для низких температур

Шаровые краны все чаще используются для низких температур, включая криогенные, сжиженных природного и нефтяного газа, жидкого азота, кислорода. Это позволяет легко автоматизировать технологические процессы и расширяет диапазон применения шаровых кранов. Краны для низких температур (до –50°С) изготавливают из углеродистых, а для температур до –196°С – из нержавеющих сталей. Фторопластовые уплотнения при низких температурах становятся жесткими, что является причиной резкого увеличения крутящего момента. Удлиненная крышка предохраняет уплотнительные кольца штока от действия криогенных температур и образования льда вокруг нее.

Шаровые краны для высоких температур

Максимальные температуры, при которых могут работать шаровые краны, определяются стойкостью к высоким температурам уплотнительных материалов. Чистый фторопласт обладает высоким коэффициентом термического расширения. Для снижения этого коэффициента могут быть применены примеси силикона или графита. Обычные материалы могут использоваться при температуре ниже 240°С. Для более высоких температур должны применяться другие материалы, например, терморасширенный графит, полиимид, PEEK или PES, которые могут повысить температурный предел до 350°С.

Шаровые краны с металлическими уплотнениями становятся все более популярными в применении как на абразивных средах, так и при высоких температурах, вплоть до 1000°С.

Использование шаровых кранов становится таким же широким и разнообразным, как разнообразны технологические процессы в промышленности. Оно распространяется от простых условий эксплуатации, таких, как использование на воде, растворителях, кислотах и природном газе, до более трудных и опасных, таких, как газообразный кислород, перекись водорода, метан и этилен.

Ограничения использования по температурным характеристикам и свойствам материалов уплотнений уменьшаются в результате исследований и появления новых материалов, что делает возможным расширение применения шаровых кранов в будущем.

Управление шаровыми кранами

Шаровые краны могут управляться вручную рукоятью или маховиком, через редуктор или неполноповоротным приводом, управляемым от электричества, гидравлики или пневматики.

Техническая характеристика

Размеры	15...1400 мм (1/2"...56")
Рабочее давление	От вакуума до 40 МПа
Рабочая температура	От криогенных до 260°С (мягкое уплотнение) От криогенных до +800°С (металлическое уплотнение)
Материалы	Большинство литейных сплавов
Присоединения	Фланцевые, резьбовые, сварные
Применение	Все общие условия, высокая пропускная способность, низкие перепады давления, быстродействие, химстойкость, чистые среды.
Специальные исполнения	Для пыльных или абразивных сред, низких или высоких температур, ядерных установок, морских условий, применений на хлоре, кислороде, перекиси водорода, фторе, в табачной промышленности, при глубоком вакууме, большом числе циклов, для космических целей

ДИСКОВЫЕ ЗАТВОРЫ С ДИСКОМ НА ВАЛУ

Рис. 36. Дисковый поворотный затвор вафельного типа

Поворотный затвор состоит из диска, вращающегося на валу с полным углом поворота 90° в корпусе, выполненном в форме трубы. В открытом положении диск устанавливается вдоль оси корпуса, создавая минимальное сопротивление потоку. В закрытом положении кромки диска соприкасаются с уплотнительными кольцами, которые могут располагаться в корпусе или на диске.

Дисковые затворы изготавливаются размерами от 25 до 1800 мм (1"...72"). Они вставляются между фланцами трубопровода, стягиваемыми шпильками, что экономит пространство и массу. Такая конструкция известна как межфланцевая или вафельная (рис. 36). Затворы вафельного типа могут быть изготовлены с проушинами, в этом случае при установке в качестве концевого затвора второй фланец не требуется.

Затворы обычно применяются в объектах энергетики, пивоварении, водоснабжении и пищевой промышленности, где используются чистые среды.

Обычно для корпусов затворов используется чугун, но применяются и другие материалы – углеродистая и нержавеющая стали, бронза и алюминий.

Диски также обычно выполняются из чугуна, но могут изготавливаться из углеродистой или нержавеющей стали или алюминиевой бронзы. Все изготовители стремятся сконструировать профиль диска гладким и обтекаемым, чтобы минимизировать гидравлические потери.

Изготавливаются полностью футерованные конструкции, когда корпус и диск покрыты фторопластом или резиной. Корпус разделен на две части, соединяемые под углом 90° для установки уплотнительного кольца, а вал и диск выполняются как одна деталь, с минимальным количеством неровностей, чтобы обеспечить хорошие гидравлические и гигиенические характеристики.

Уплотнительные кольца также выполняются разными у многих компаний, но всегда изготавливаются из химстойких эластичных материалов, например, химстойкой резины, нитрила или фторопласта.

Затворы отличаются герметичностью, малыми утечками и/или возможностью регулировать потоки. Компактная конструкция и 90°-ный цикл работы делают их привлекательными как для ручного, так и для приводного управления.

Некоторые из характеристик, которые определяют популярность дисковых затворов:

1) легкость управления;
2) отсутствие трущихся частей;
3) низкие гидравлические потери;
4) низкая масса и стоимость по сравнению с другими видами арматуры;
5) ход в четверть оборота.

Управление

Для управления дисковыми затворами используются все виды управления: ручное рычагом или маховиком, через редуктор, электрический, пневматический или гидравлический привод в зависимости от размеров или проекта установки.

Техническая характеристика

Размеры	50...1800 мм (2"...72"), затворы больших размеров могут быть изготовлены по специальным заказам
Рабочее давление	1,0...5,0 МПа (150...720 фн/дюйм^2)
Рабочая температура	От криогенной до +175 °С
Материалы	Любые материалы для корпуса и диска
Присоединения	Вафельное (межфланцевое), вафельное с проушинами, фланцевое, на сварке
Применение	Общее применение, вязкие жидкости, вода, канализация, дросселирование

ДИСКОВЫЕ ЗАТВОРЫ С ЭКСЦЕНТРИЧНО УСТАНОВЛЕННЫМИ ДИСКАМИ

Дисковые затворы с эксцентрично установленными дисками используются для тяжелых условий работы и являются усовершенствованной модификацией обычных конструкций. Такое расположение диска создает ему более благоприятные условия взаимодействия с уплотнительными кольцами. Их конструкция может быть уподоблена шаровым кранам, в которых используется часть сферы, контактирующей с уплотнительными кольцами только на нескольких последних градусах закрытия. Это обеспечивает улучшенную герметичность, дает возможность осуществлять дросселирование, полностью отвечать требованиям к арматуре с PN 2...10 МПа, а конструкция является пожаробезопасной.

В более совершенной конструкции вал диска расположен с двойным эксцентриситетом относительно оси затвора. Он установлен вне диска и смещен относительно оси трубопровода. Уплотнительные кромки диска контактируют с кольцами при закрывании и открывании затвора практически без проскальзывания, т. е. без трения. Существует термин «дисковые затворы с тройным эксцентриситетом». В этой конструкции седло затвора расположено под углом до 80° к оси затвора. Такая конструкция позволяет достичь отсутствия контакта уплотнительных поверхностей корпуса и диска почти до положения полного закрытия, что позволяет избежать трения между ними, исключить износ и обеспечить полную герметичность даже на затворах очень больших размеров (рис. 37).

Конструкция затворов предусматривает мягкое уплотнение, обычно из фторопласта, или (в случае пожаростойкого исполнения) фторопластовое или эластомерное кольцо дублируется металлическим (рис. 38). Упругое металлическое кольцо прижимается к диску давлением среды. Давление среды увеличивает контактное давление в уплотнении независимо от направления подачи среды.

Особенности затворов для тяжелых условий работы:

1. Прочный вал из цельной заготовки, опирающийся на массивные

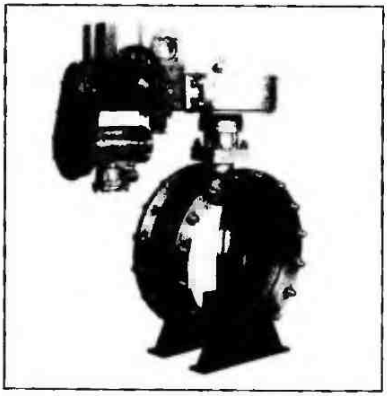

Рис. 37. Поворотный затвор с эксцентричным расположением диска (Завод «Пензтяжпромарматура»)

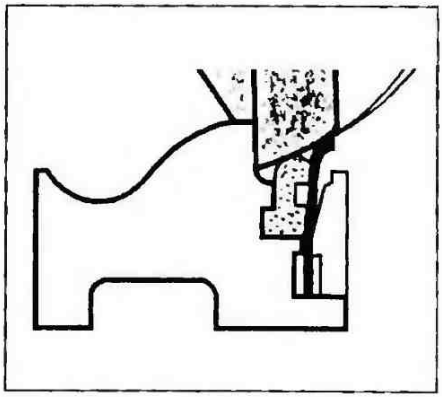

Рис. 38. Уплотнение с дублирующим металлическим кольцом для поворотного затвора в огнестойком исполнении

подшипники, обеспечивает жесткость конструкции при полной нагрузке;

2. Защитные кольца предохраняют мягкое уплотнение при разных направлениях воздействия давления рабочей среды как при закрытии, так и в открытом положении;

3. Повышенное внимание к способу закрепления диска на валу;

4. Глубокие сальниковые камеры с комбинированными набивками, включая резервные;

5. Применение широкого диапазона материалов, включая ферросплавы, никель-алюминиевую бронзу, нержавеющие сплавы наряду с корпусами и дисками из углеродистых сталей;

6. Уплотнительные кольца из различных полимеров, таких, как чистый и наполненный фторопласт, химстойкая резина, и подшипники, изготавливаемые из разных материалов – от высоколегированных сталей, покрытых фторопластом, до специальных сплавов, выдерживающих высокие температуры и стойких к истиранию.

Материал уплотнительных колец из фторопласта защищен упругими кольцами из монельметалла или инконеля, чтобы свести к минимуму износ и деформации.

Затворы с металлическими уплотнениями предназначены для применения на высоких температурах, а неогнестойкие конструкции используются в случаях незначительной вероятности возникновения пожара. Затворы выполняются с присоединениями вафельного типа, вафельного с проушинами и фланцевыми.

Представляет интерес применение указанных затворов для регулирования потока, поскольку они не отличается от традиционных затворов с сбалансированным диском и валом, расположенным по центру диска, в диапазоне 60...70° поворота от открытого положения. Нулевой эксцентриситет между диском и валом является причиной гистерезиса, а эксцентрично установленный диск исключает гистерезис и дополнительный крутящий момент в положениях от 10° до закрытия.

Компактность изделия означает, что требуется меньшее количество материала и, следовательно, это идеально для морского водного или криогенного применения, где требуются экзотические материалы типа никеля, алюминиевой бронзы и дорогих стальных сплавов.

Техническая характеристика

Размеры	50...1800 мм (2"...72")
Рабочее давление	От вакуума до 10,2 МПа (1480 фн/дюйм^2)
Материалы	Углеродистая сталь, алюминиевая бронза, большинство высоколегированных нержавеющих сплавов
Присоединения	Вафельное, вафельное с проушинами, фланцевое
Применения	Общепромышленное, дросселирование, пожаробезопасное, криогенное, высокотемпературное, аварийное закрытие, пар, пульпа и целлюлоза, морская вода, регулирование потоков

Глава 9

ОБРАТНАЯ АРМАТУРА

Клапаны и затворы обратные (или арматура трубопроводная невозвратная) работают только от воздействия рабочей среды и устанавливаются на линиях, где поток требуется направить в одном направлении, например исключить возврат жидкости из трубопровода в насос.

Большинство обратных клапанов действует при повороте или подъеме золотника. Поворотные обратные затворы используют заслонку или диск того же диаметра, что и диаметр отверстия в корпусе, который опускается под действием своей массы и давлением потока прижимается к уплотнительной поверхности, а поднимается при действии прямого потока среды. Любая перемена направления движения потока заставляет перемещаться заслонку.

Модификации конструкций используются для исключения «хлопанья» заслонки о седло, изнашивания при работе, так называемого «водного молотка». С этой целью снаружи клапана устанавливают демпфер. Обратный клапан поворотного типа принято называть «обратный затвор». Как подъемные, так и поворотные клапаны могут быть укомплектованы стопорным устройством для фиксации диска в открытом или закрытом положении. В этом случае обратная арматура называется невозвратно-запорной («stop and go»).

Обратный затвор вафельного типа устанавливается между фланцами трубопровода.

В двухстворчатых обратных затворах две половины разрезанного диска монтируются на центральной оси и прижимаются к седлу пружинами (рис. 39).

Подъемные обратные клапаны спроектированы подобно запорным. Давление потока поднимает золотник над седлом, а обратная посадка происходит под действием потока или собственной массы.

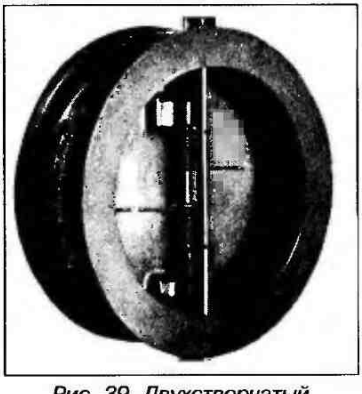

Рис. 39. Двухстворчатый обратный затвор

Обратные клапаны без пружин должны быть установлены таким образом, чтобы золотник поднимался вертикально.

Клапаны, снабженные шпинделем, известны как невозвратные или невозвратно-запорные. Они являются комбинацией запорных и обратных клапанов. Золотник в них не закреплен на шпинделе, который используется для регулирования степени открытия прохода или для принудительного закрытия клапана.

Другими модификациями обрат-

ной арматуры являются шаровые и поршневые обратные клапаны, в которых вместо золотников используются шары или поршни. Такие клапаны изготавливаются, как правило, малых проходов и могут быть полностью покрыты фторопластом для использования в комплекте с футерованными шаровыми и пробковыми кранами на коррозионных средах.

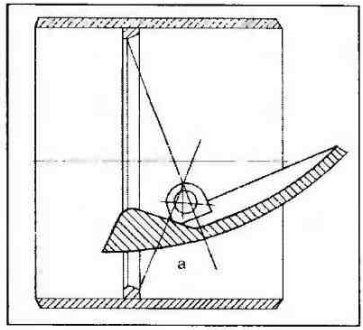

Рис. 40. Обратный затвор с эксцентричным расположением диска (а – зона расположения оси)

На трубопроводах больших диаметров применяют затворы обратные, изготовленные с корпусами из труб и штампованными или литыми дисками. Валы или цапфы дисков расположены с эксцентриситетом относительно оси трубы и плоскости диска. Место для размещения вала выбирают в области, определяемой перпендикулярами к образующей уплотнительного конуса, восстановленными из точки, расположенной у входа в уплотнительный конус длинной стороны диска (наружной образующей конуса уплотнения большего диаметра), и на меньшем диаметре конуса (рис. 40). В зависимости от положения вала (выше или ниже оси затвора) определяется место расположения противовеса, задачей которого является подвести диск как можно ближе к уплотнению, в идеале – полностью закрыть затвор. По нашему мнению, конструкция с опорами ниже оси предпочтительнее, поскольку гарантированно приводит диск в соприкосновение с уплотнительным кольцом, когда в трубопроводе отсутствует давление среды. Это совершенно исключает удары и заклинивание затвора при внезапной перемене направления движения среды. Кроме того, во время движения потока диск не подвержен колебаниям, так как ложится на упоры в открытом положении. Для гарантированного исключения заклинивания, т.е. самоторможения на сухих средах, угол конуса уплотнения не должен превышать 50°.

Техническая характеристика

Размеры	15...1200 мм (1/2"...50")
Рабочее давление	До 40 МПа (6000 фн/дюйм^2)
Присоединения	Фланцевое, сварное, резьбовое
Применения	Общепромышленное, трубопроводы, пожаробезопасное

Глава 10

ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫЕ И ПЕРЕПУСКНЫЕ КЛАПАНЫ

Предохранительными и перепускными клапанами названа арматура, предназначенная для защиты систем или сосудов от чрезмерного давления. Перепускные клапаны спроектированы для снижения излишнего давления в системе, содержащей несжимаемую жидкость, где нет опасности взрыва при повышенном давлении. Предохранительные клапаны предназначены для немедленного выпуска излишнего продукта при опасном по взрыву повышении давления среды и, особенно, сжимаемых газов, таких, например, как воздух, природный или сжиженный газ, пар и т.п.

Основное различие в конструкции пружинных предохранительного и перепускного клапанов заключается в том, что крышка со штоком, пружиной и седлом обеспечивают быстрый подъем золотника в предохранительном клапане, и площадь, на которую действует давление, одинакова в закрытом или открытом положении. В перепускном клапане площадь для пропуска среды увеличивается постепенно, пропорционально росту давления.

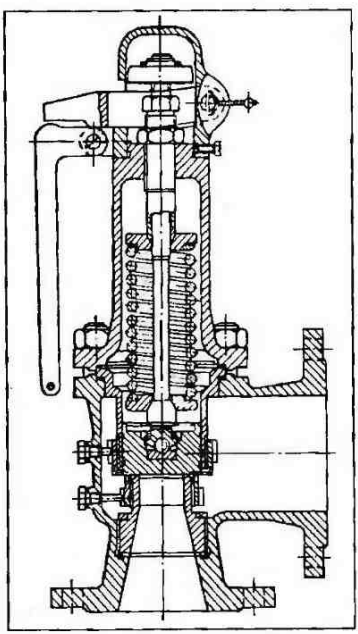

Рис. 41. Пружинный предохранительный клапан

Комбинированные предохранительные и перепускные клапаны предназначены для использования на жидких, газообразных средах и парах и срабатывания с определенной степенью точности, заданной оператором.

Предохранительные и перепускные клапаны могут быть разделены на три главные категории, имеющие определенные характеристики действия:

1. Прямого действия;
2. Импульсные;
3. С дополнительным нагружением.

Клапаны прямого действия – самые простые и часто используемые, так как удовлетворяют большинству предъявляемых эксплуатационных требований. Нагружение производится спирально навитой пружиной (рис. 41), хотя могут использоваться и другие способы, например груз.

Импульсные клапаны состоят из

главного и управляющего, посредством которого передается импульс для открытия главного клапана. Когда давление в системе достигнет заданного значения, управляющий клапан, сам являющийся предохранительным или перепускным, открывается и позволяет давлению системы открыть главный клапан. Импульсные клапаны применяются, когда подъем давления для открытия и его падение для закрытия меньше того, которое было бы при работе одного клапана прямого действия

Дополнительно нагруженные предохранительные клапаны по конструктивным особенностям похожи на клапаны прямого действия, за исключением того, что для открытия и закрытия применяется внешний источник электрической или пневматической энергии. Это обеспечивает большую точность срабатывания клапана и увеличивает контактные давления в уплотнении, улучшая герметичность.

Правильный выбор типа и размеров клапанов является чрезвычайно важным для гарантированной безопасности всей системы. Все расчеты, изготовление и эксплуатация должны выполняться в соответствии с действующими правилами уполномоченных организаций и страховых обществ, строгими стандартами большинства стран, принятой практикой и данными конкретных сосудов или систем. Надежность предохранительной арматуры имеет особую важность для защиты персонала и установок в целом. Зачастую для возможности проведения ревизии и настройки на ответственных системах устанавливают по два одинаковых клапана, соединенных переключающими устройствами, позволяющими отключить один из клапанов для возможности его демонтажа. Система остается защищенной вторым клапаном.

Для полого исключения утечек в конструкцию предохранительного клапана включают разрывную мембрану

Большинство предохранительных и перепускных клапанов сбрасывает среду в атмосферу, но токсичные, коррозионные или огнеопасные среды должны выпускаться в предназначенные для этого системы, которые требуют установки в них специально спроектированной для этих целей арматуры.

Техническая характеристика

Размеры	DN 10...800 (3/4"...32")
Рабочее давление	0,1...60 МПа
Присоединения	Фланцевое, сварное, резьбовое
Применения	Общепромышленное, котлы, сосуды, трубопроводы, пожаробезопасное

Глава 11

РЕГУЛЯТОРЫ ДАВЛЕНИЯ И РЕГУЛИРУЮЩАЯ АРМАТУРА

Арматура, известная как регуляторы или регуляторы давления, используется для регулирования давления в системе и не требует дополнительного внешнего источника энергии для приведения ее в действие. Когда арматура, снабженная силовым приводом, используется для этих целей, она относится к «регулирующим клапанам».

Самодействующие клапаны могут быть спроектированы с одним седлом, что обычно означает возможность герметичного закрытия и подходить под понятия «никакого потока» или «мертвый тупик», или с двумя седлами, когда обеспечиваются максимальная пропускная способность и хорошие расходные характеристики, но теряется способность регулировать давление при расходе, близком к нулю или чересчур малом. В двухседельных клапанах трудно обеспечить полную герметичность.

Регуляторы применяются в широком диапазоне сред, включая пар, сжатый воздух, промышленные газы, воду, нефть и многие другие. Поэтому, поскольку может быть использовано множество модификаций клапанов, при выборе регуляторов должны быть тщательно рассмотрены рабочие характеристики каждой установки, чтобы удовлетворить требования эксплуатации. Изготовителем должна быть предоставлена полная информация о регуляторах, так же, как и доступность необходимых консультаций.

РЕГУЛЯТОРЫ ДАВЛЕНИЯ ПОСЛЕ СЕБЯ И ДО СЕБЯ

Регуляторы давления после себя устанавливаются там, где требуется снизить давление в системе при обеспечении полного потока. Давление за регулятором сохраняется постоянным независимо от колебаний давления до клапана или параметров потока. Регуляторы действуют автоматически.

Регуляторы давления до себя применяются для поддержания давления до регулятора. Они открываются, когда давление перед ними поднимается. Самодействующие конструкции регуляторов давления до себя подразделяются на регуляторы прямого действия и действующие от вспомогательного устройства.

Регуляторы прямого действия

Управляющее давление действует непосредственно через диафрагму, поршень или сильфон против внушительной силы винтовой пружины, веса нагруженного рычага или сжатого в аккумуляторе воздуха. Их конструкция несложна, прочна и основана на аксиоме, что чем более проста система управления, тем она лучше. Такая

арматура может обеспечивать длительный ресурс без обслуживания даже при неблагоприятных рабочих условиях.

Хотя управление давлением, обеспечиваемое регуляторами прямого действия, не столь точно, как в импульсных регуляторах (с пилотным вспомогательным устройством), они дешевле и имеют много применений. Типичный пример регуляторов прямого действия показан на рис. 42.

Регуляторы непрямого действия

Главной арматуре помогает или полностью управляет ее действием вспомогательное устройство, которое может быть маленьким регулятором прямого действия. Точный метод действия пилота зависит от конкретной конструкции арматуры, но по существу его действия направлены на регулирование степени открытия главной арматуры, которая поддерживает желательные параметры в системе.

Управляемый импульсным устройством регулятор обеспечивает очень хорошую точность поддержания заданного давления, компактен и намного меньше, чем регулятор прямого действия. Импульсные устройства могут быть частью главной арматуры, а импульсные клапаны – самостоятельной конструкцией, установленной отдельно, зачастую на значительном расстоянии. Импульсный клапан может также использоваться для отдаленного релейного управления, т.е. как часть сложной системы, управляемой с центрального пульта. Более того, функцию прямого регулирования температуры можно

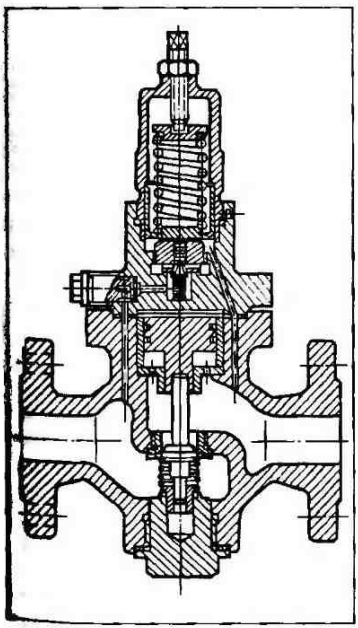

Рис. 42. Регулятор давления прямого действия

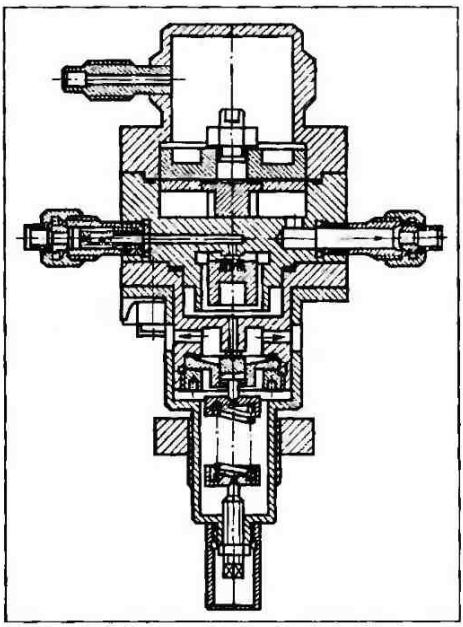

Рис. 43. Регулятор непрямого действия с газовой камерой нагружения

обеспечивать, применяя определенный тип импульсного (вспомогательного) клапана.

Из-за сложности конструкции импульсные регуляторы требуют регулярного обслуживания и чистых рабочих сред, часто обеспечиваемых применением непосредственно встроенных фильтров. Рис. 43 иллюстрирует типичный регулятор непрямого действия с использованием в качестве чувствительного элемента газовой камеры нагружения.

РЕГУЛИРУЮЩИЕ КЛАПАНЫ

«Клапан регулирующий» определен в самых последних CEN стандартах следующим образом: «Арматура регулирующая – использующее энергию устройство, которое изменяет количество протекающей среды в системе управления производственным процессом. Она состоит из арматуры, связанной с силовым приводом, который изменяет положение плунжера или диска в арматуре в зависимости от сигнала системы управления».

Предшественником современного регулирующего клапана является автоматический регулятор или редукционный клапан. Получая из системы и используя энергию давления, эта арматура управляет потоком, чтобы обеспечить регулируемое состояние до или после клапана.

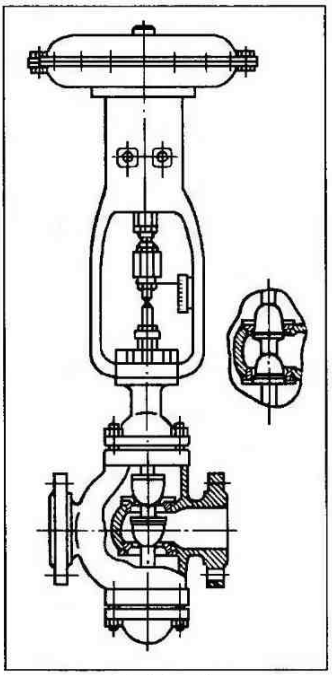

Рис. 44. Мембранный исполнительный механизм

Регулирующая арматура управляет потоком, используя давление в системе, изменяет количество среды, проходящей через арматуру. Движение плунжера арматуры относительно прохода обеспечивает размер отверстия, которое используется, чтобы регулировать поток от минимума до максимума. Главная функция регулирующей арматуры – регулировать количество потока. В то же время она должна обеспечивать герметичность при закрытии, но это вторичное соображение при выборе оборудования.

Усилие, действующее на шток арматуры, создается приводом, устанавливаемым непосредственно на клапан. С первых конструкций регулирующих клапанов в приводах используют пружины и мембраны пневматических исполнительных механизмов (рис. 44).

Проектанты проложили путь от простых технологических схем к созданию сложных систем, применяемых

сегодня. Пневматические, гидравлические и электрические средства или их комбинации используются в настоящее время, чтобы позиционировать плунжер в проходном сечении клапана. Точность, скорость, надежность существенно улучшились и продолжают совершенствоваться.

Независимо от типа привода и используемой в нем среды обычно используются два типа управляющих сигналов. Первый – сигнал управления, дающий команду для силового воздействия на шток, второй – для его непосредственного перемещения. В некоторых случаях сигнал контроля может также обеспечивать усилие для движения.

Часто используемый в автоматическом цикле управления производственным процессом регулирующий клапан является последним звеном управления. Сенсорные и детекторные элементы расположены в других пунктах, откуда регулирующая арматура получает командный сигнал.

Составные части регулирующей арматуры

Регулирующая арматура производится многих размеров и конфигураций, однако имеет три основные составляющие:

корпус и крышку, работающих под давлением;

основные детали, обеспечивающие регулирование, в том числе содержащие плунжер и седло;

привод – источник энергии для перемещения плунжера или диска.

Корпус клапана

Большинство корпусов арматуры изготавливаются из литья. Для арматуры малых проходов также используются поковки, штамповки, или сортовой прокат. Выбор заготовок зависит от возможностей изготовителя, но вообще штамповки используются только для арматуры малых проходов (до 50 мм).

Многие типы арматуры применяются в качестве регулирующей с различным успехом, но в течение многих лет наиболее часто используемым является шарообразный корпус с размещенным в нем одинарным или двойным седлом и плунжером с верхней и/или нижней направляющей. Однако в последние годы все более широкое применение находят клеточные клапаны.

Другие типы прямоходной арматуры включают шарообразный корпус с разъемом, угловой или трехходовой корпус и мембранные клапаны. К регулирующей арматуре с вращательным движением штока относятся дисковые затворы, шаровые краны, в том числе и с эксцентрично установленной частью шаровой пробки. Примеры конструкций показаны на рис. 45.

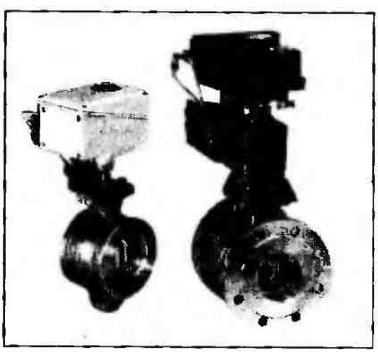

Рис. 45. Регулирующие поворотный затвор и шаровый кран

Бывают ситуации, когда определенные типы клапанов проявляют свои свойства лучше, чем другие. Однако запорные клапаны с профи-

лированным плунжером все еще наиболее часто применяются в качестве регулирующих. Клапаны обычно разрабатываются с крышкой, закрывающей корпус сверху. Для соединения с корпусом она имеет направление, а верхняя часть содержит сальниковую коробку, через которую проходит шпиндель.

В некоторых конструкциях, где шпиндель пропускается через верхнюю и нижнюю крышку, которая является заглушкой и содержит направляющую для нижнего конца шпинделя. В клеточных клапанах применяют глухие фланцы. Клапаны обеспечивают малые сопротивления для прохождения потока. В обычной практике глухие фланцы делают из того же материала, что и корпуса арматуры. Точность подгонки между движущимися и неподвижными деталями весьма важна, поэтому между элементами корпуса устанавливают центрирующие втулки.

Надежное уплотнение прокладками обеспечивает герметичность соединений, что упрощает обслуживание. Применение нержавеющих сталей для болтов и гаек также создает удобство для пользователей.

Крышка или верхняя часть корпуса имеет хомуты или другие средства для установки привода. Привод может монтироваться и непосредственно на клапан. Центровка достигается применением буртов или центрующих втулок. Если проводимая среда имеет высокую температуру, то крышка клапана выполняется удлиненной (рис. 46). Удлинение и оребрение крышки обеспечивают длительный срок сохранения прокладок, удаленных из зоны высоких температур.

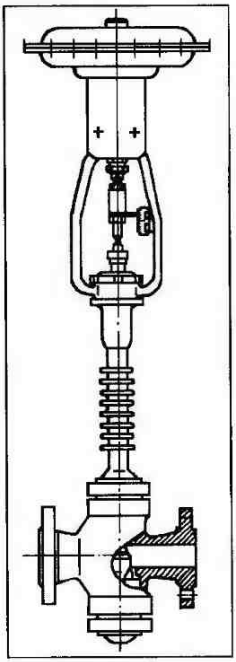

Рис. 46. Регулирующий клапан для низких и высоких температур

Пакет уплотнительных прокладок должен сохранять герметичность с минимальным трением. Существует множество уплотнений, включая плетеные материалы, пропитанные фторопластом, и готовые манжеты из фторопласта. Иногда применяются пружины для сжатия манжет.

Для сальниковых набивок, не содержащих фторопласт или графит, могут применяться смазочные устройства. Установленные приспособления для смазки должны работать постоянно, чтобы не допускать загустевания смазки и повреждения шпинделя.

Тщательно выполненная набивка и ее регулировка минимизируют силы трения, что является особенно важным, когда арматура оснащена мембранным приводом с пружиной. Поршневые приводы не так чувствительны к этому.

В течение десятилетий критерии для проектирования, изготовления и уплотнения арматуры были весьма просты – обеспечить баланс между утечкой и трением. Утечка среды мимо шпинделя арматуры не только неэффективна и расточительна – выделение огнеопасных или

ядовитых веществ может угрожать здоровью персонала и безопасности установки.

Директивные документы, принятые в конце 80-х годов прошлого века, изменили и критерии, и источники ответственности за арматуру и уплотнительные системы. Настоятельные требования к безопасности, защите окружающей среды, к уменьшению затрат на главном оборудовании и обслуживании являются некоторыми из причин, определяющих сегодняшнюю потребность минимизировать или устранить полностью утечку жидкостей или газов из регулирующей арматуры. Названные «утечками», они теперь должны соответствовать национальным и местным законам. Это привело к расширению исследований и развитию уплотнительных материалов и систем, и мы видим появление нагруженных пружинами и безопасных для окружающей среды герметизирующих устройств.

Основные детали

Это – внутренние детали, управляющие потоком и находящиеся в физическом контакте со средой, т.е. плунжеры или диски, уплотнения, втулки, направляющие и шпиндели.

Количество проходящего потока регулируется положением плунжера или диска относительно седла. Исполнительный механизм обеспечивает усилие, необходимое для перемещения плунжера или диска и поддержания его в нужном положении. Большинство регулирующих клапанов позволяет выбрать расходные характеристики, т. е. зависимости между условной пропускной способностью и ходом плунжера в относительных величинах. Чаще других встречаются равнопроцентная, линейная и характеристика быстрого открытия (рис. 47). Они достигаются формированием профилей плунжеров, отверстий в клетках, специфической конфигурацией седел или внешними средствами, например формой кулачков в позиционерах.

Линейная расходная характеристика. Расход потока пропорционален перемещению плунжера. Регулирующие клапаны с линейными характеристиками часто применяются для поддержания постоянного уровня и для управления возрастающим потоком.

Равнопроцентная расходная характеристика. Она обеспечивает незначительный, но точно определяемый расход среды при малом подъеме плунжера и быстрое увеличение расхода по мере приближения плунжера к положению полного открытия. Регулирующая арматура с равнопроцентной расходной

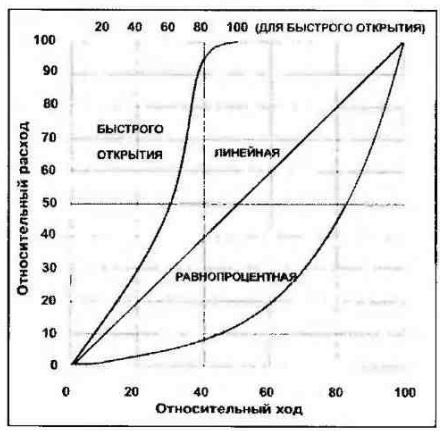

Рис. 47. Характеристики регулирующей арматуры

характеристикой используется при регулировании давления, где большой процент от снижения давления обычно поглощается непосредственно системой, и только относительно маленький диапазон доступен регулированию регулирующим клапаном при ожидании большого изменения давления.

Расходная характеристика быстрого открытия. Эта характеристика обеспечивает максимальное изменение расхода при малом перемещении плунжера. Кривая в основном линейна в пределах первых 40% подъема плунжера, а потом становится более пологой. Регулирующие клапаны с расходной характеристикой быстрого открытия часто используются для режимов, когда большой расход должен быть установлен быстро, как только клапан начнет открываться, аналогично перепускным клапанам. Плунжеры должны быть обработаны с высокой точностью и хорошо отцентрованы для герметичного закрытия и хорошей взаимозаменяемости.

Уплотнительные кольца в регулирующей арматуре могут собираться в пакет или укладываться по отдельности в зависимости от решения изготовителя. Уплотнительные седла, вваренные в корпус, замедляют и затрудняют обслуживание арматуры. Для устранения протечки под седла они обвариваются только легким швом.

Очень важен выбор материалов для деталей регулирующей арматуры. Наиболее часто используется аустенитная нержавеющая сталь. Эта хорошо проверенная и надежная сталь обладает высокой прочностью и прекрасными противокоррозионными свойствами. Кроме нее применяются упрочняемые сорта нержавеющих сталей: ферритные, мартенситные, и ферритно–аустенитные, обладающие наиболее высокими антикоррозионными свойствами. Все они имеют достаточную прочность при высоких и сверхнизких температурах и стойки к коррозии в большинстве химических продуктов. В случае возникновения проблемы эрозии могут быть рекомендованы сплавы с содержанием кобальта, имеющие высокую твердость. Для изготовления плунжеров и седел используются две конструктивные схемы.

Твердый материал. Материалы с высокой твердостью хорошо зарекомендовали себя стойкостью к эрозии, однако они достаточно дороги. Поэтому дорогие наплавки наносятся только на критические зоны деталей.

Наплавка и напыление. Эти методы защиты обладают хорошей адгезией с основным металлом и наносятся только в тех местах, где необходимо. Направляющие втулки и клетки изготавливают из твердого материала. Но когда среда загрязнена и имеет высокую температуру, зачастую только этот метод обеспечивает необходимую долговечность и удовлетворительное обслуживание.

Хотя применение указанных материалов увеличивает первоначальную стоимость, их использование может быть оправдано способностью поддерживать работоспособность арматуры в течение более длительного периода безотказной работы и исключить дорогостоящий незапланированный простой. Полная герметичность не всегда требуется от регулирующей арматуры. Ее возможно достигнуть притиркой даже в двухседельных клапанах, чтобы протечка при нормаль-

ной температуре окружающей среды была практически нулевой. При высокой температуре эффект неравномерного расширения делает герметичное закрытие недосягаемым. Повышение или понижение температуры может сказаться на величине протечек.

В односедельных клапанах проблема не настолько остра, так как температурные деформации происходят только между плунжером и седлом. Они компенсируются перемещением штока от привода, обеспечивающем плотное закрытие клапана.

Нормы утечек регулирующей арматуры даются в соответствующих стандартах. Контроль герметичности обычно проводится сжатым воздухом давлением 3,5 атм под плунжером и при атмосферном давлении на выходе. Испытания проводятся при окружающей температуре лаборатории или цеха.

Если требуется высокая герметичность, то применяются упругие синтетические уплотнительные материалы. В зависимости от конструкции уплотнительные детали могут быть размещены на плунжере или седле. Когда плунжер садится на седло, упругий материал деформируется, обеспечивая герметичность. Подходящими материалами для уплотнений являются фторопласт и лучшие сорта синтетики.

Однако нужно помнить, что давление и особенно температура рабочей среды могут быть критическими. Характер среды также может существенно влиять на пригодность и срок службы специфических эластичных прокладок.

Изготовители арматуры имеют богатый опыт решения проблем подобного характера и всегда могут предложить совет или помощь в случае возникновения трудностей.

Дисковые затворы

Поворотные затворы часто используются для целей регулирования. Они требуют минимального места для установки и обеспечивают высокую производительность без потери давления. Традиционно спроектированные диски обеспечивают регулирование до 60° поворота, однако существуют специальные конструкции, которые работают на 90° вращения диска. Затворы обычно обладают равнопроцентной расходной характеристикой и используются с условными проходами от 80 до 1800 мм.

Мягкое уплотнение может быть выполнено традиционным методом или закреплением мягкого кольца в корпусе затвора или на поверхности диска. Дисковые затворы с двойным эксцентриситетом, использующие уплотнения из фторопласта и упругое металлическое дублирующее кольцо, обеспечивают эффективное дросселирование с перепадом давления до 5 МПа (740 фн/дюйм^2). Они обеспечивают линейную расходную характеристику потока при полном повороте диска на 90° и могут управляться стандартными пневматическими, гидравлическими или электрическими приводами с позиционерами. Обычное направление потока среды – на вогнутую поверхность диска, так как изменение направления потока приводит к снижению пропускной способности. Дисковые затворы с металлическими уплотнениями могут использоваться в широком диапазоне применений при температурах

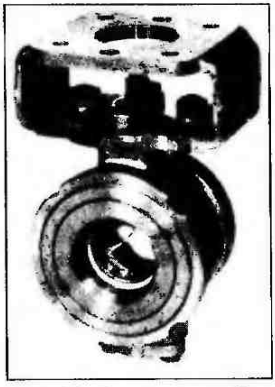

Рис. 48. Регулирующий шаровый кран с V-образным вырезом в пробке (завод «Комсомолец»)

до 540°С (1000°F) и обходятся значительно дешевле арматуры типа клапанов тех же размеров и производительности.

Шаровые краны с V-образным вырезом

Они аналогичны по конструкции стандартным шаровым кранам, но имеют V-образный вырез в шаре. Краны обеспечивают сплошной поток с небольшим перепадом давления и хорошо подходят для регулирования эрозионных или вязких жидкостей, пульп и других растворов. Шар остается в контакте с седлами в процессе вращения, и это производит эффект очистки, чтобы минимизировать загрязнения (рис. 48). Краны могут управляться стандартными приводами с позиционерами.

Выбор регулирующих клапанов

При выборе из регулирующих клапанов наилучшего важно, чтобы расход и характеристика были правильно рассчитаны для исключения нестационарного течения проводимой среды. Обычно уравнения для несжимаемых жидкостей приемлемы для всей промышленности, однако в расчетах есть изменения в формулах для газов и пара. Изготовителем клапанов должны быть даны рекомендации для подтверждения принятых методов вычислений. В них приводятся требования национальных или международных стандартов, чтобы помочь в обнаружении точек соприкосновения и сделать лучшее сравнение между конкурирующими изделиями.

Следует отметить, что ГОСТами на двухседельную регулирующую арматуру предусмотрена подача рабочей среды не между плунжерами, как это принято в мировой практике, а в полости над и под плунжерами. Такое направление обеспечивает увеличение пропускной способности клапанов на 60%. Однако при существенно увеличенном расходе возникают трудности в выполнении основных правил выбора регулирующей арматуры [7].

Минимальные потери давления (перепад давления) на регулирующей арматуре при максимальном расходе рабочей среды должны составлять не менее 40% потерь давления во всей системе автоматического регулирования, а при течении жидкости арматура не должна работать в кавитационном режиме, т.е. перепад давления на арматуре во всем диапазоне регулирования (изменении хода при значениях 0,1...1 максимального) не должен превышать допустимый кавитационный перепад и др.

Авторы отмечают, что на одной из установок ООО «Киришинефтеоргсинтез» из 68 клапанов удовлетворительно работали только восемь. Остальные работали при малых степенях открытия, т.е. в кавитационных, шумных, высокоскоростных или вибрационных режимах.

По нашему мнению, результаты были бы гораздо лучше, если бы подача среды в клапаны осуществлялась между плунжерами.

По-видимому, целесообразно устанавливать клапаны с направлением подачи среды между плунжерами, особенно при пусковых работах, когда перепады давления и скорость среды в системе незначительны, или применять меньшие размеры.

Шум в регулирующей арматуре

Регулирующая арматура является источником шума, что привлекает к ней внимание в связи с усилением борьбы с шумовым загрязнением окружающей среды, влияющим на здоровье населения. Шум в регулирующей арматуре возникает от трех источников: вибрация внутренних деталей, кавитация в жидком потоке и аэродинамический шум в газообразном. Последний вызывает наибольшее беспокойство. Тем не менее, методы вычисления параметров шума от кавитации и аэродинамического потока разработаны и известны производителям.

Приводы

Многие типы приводов пригодны для управления регулирующей арматурой и позволяют ей становиться компонентом регулирования системами независимо от их сложности. Пневматические, гидравлические и электрические приводы или их комбинации используются в широком диапазоне применений.

Глава 12

КОНДЕНСАТООТВОДЧИКИ

Конденсатоотводчики являются чрезвычайно эффективным средством экономии энергии. Во время нефтяного кризиса в начале 70-х годов в США, Японии и других странах были в короткий период сэкономлены миллионы долларов только за счет приведения в рабочее состояние конденсатного хозяйства на предприятиях, использующих технологический пар.

Термин «конденсатоотводчик», приведенный в главе «Терминология», на наш взгляд, неточно определяет их функции. Для конденсатоотводчиков более удачным является следующее определение: «Коденсатоотводчик – арматура, гидравлическое сопротивление которой увеличивается, а пропускная способность уменьшается с ростом паросодержания пропускаемой среды». Дело в том, что полная герметичность конденсатоотводчика требуется в основном в энергетических установках после выхода на стационарный режим работы, когда вырабатывается сухой пар преимущественно высоких параметров. При обслуживании же, например, обогревательных установок, незначительное количество пролетного пара, поступающего в обогревательное устройство, играет положительную роль, поскольку способствует равномерному нагреву с температурой, превышающей температуру отводимого конденсата, а сам конденсат не охлаждается, что требует меньших затрат на его разогрев перед подачей в конденсатосборники для повторного использования. Именно поэтому эффективно работают бесклапанные конденсатоотводчики непрерывного действия с гидравлическим затвором – лабиринтные, сопловые или с

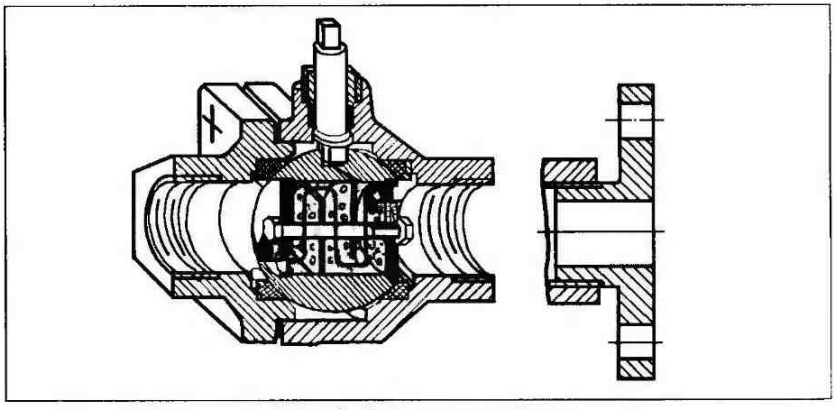

Рис. 49. Конденсатоотводчик лабиринтного типа

подпорной шайбой. Гидравлический затвор образуется либо столбом конденсата в гидравлических колонках, либо одним или несколькими соплами, либо лабиринтом, создающем гидравлическое сопротивление прохождению пара и не препятствующим движению конденсата (рис. 49).

Механический запирающий элемент автоматически открывается или закрывается при определенных условиях, создаваемых наличием конденсата. Таким образом, автоматический конденсатоотводчик с механическим запирающим элементом представляет собой, по существу, двухпозиционный регулятор прямого действия, в котором роль чувствительного элемента и привода одновременно осуществляет поплавок, термоэлемент (термостат или термопластины) или диск специальной конструкции.

Конденсатоотводчики поплавкового типа могут быть с открытым прямым или опрокинутым и с закрытым поплавком. Конденсатоотводчики с термоэлементами могут быть с термостатом или биметаллическими термопластинами. В термодинамических конденсатоотводчиках диск, перекрывающий входное отверстие для пара, открывает его при наличии конденсата (рис. 50–52).

Оценка конструкции конденсатоотводчика производится с учетом главной характеристики – пропускной способности, эксп-луатационных и монтажных свойств.

Схема стенда для определения пропускной способности конденсатоотводчиков рекомендо-

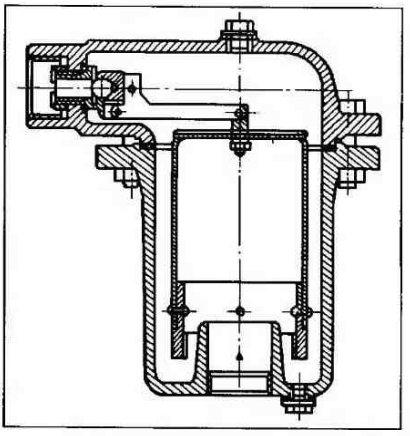

Рис. 50. Поплавковый конденсатоотводчик

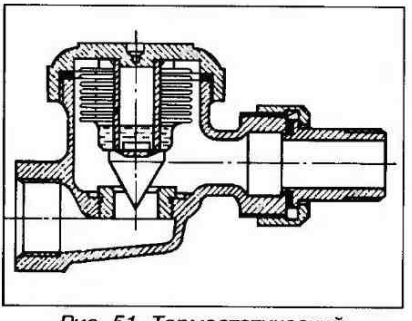

Рис. 51. Термостатический конденсатоотводчик

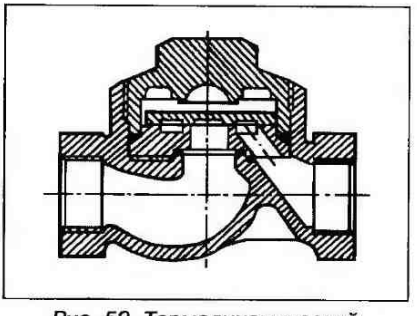

Рис. 52. Термодинамический конденсатоотводчик

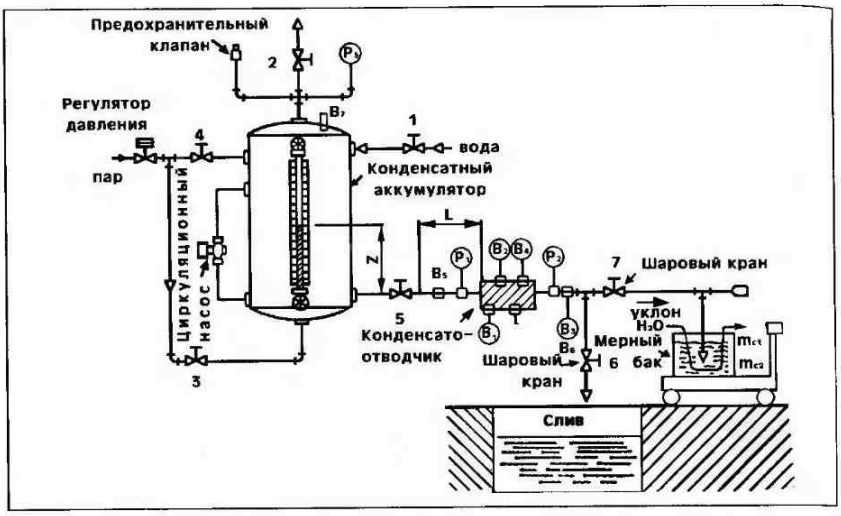

Рис. 53. Схема стенда для определения пропускной способности конденсатоотводчиков

вана стандартом ИСО 7842 (рис. 53). На указанном стенде производится замер производительности по конденсату простым взвешиванием его количества за произвольный отрезок времени. В расчетах учитывается плотность конденсата.

Техническая характеристика

Размеры	DN 10...100 (3/4"...6")
Рабочее давление	0,05...10 МПа
Присоединения	Фланцевое, сварное, резьбовое
Применение	Котлы, теплообменное оборудование

Глава 13

РАЗЛИЧНАЯ АРМАТУРА

АРМАТУРА С СИЛЬФОННЫМИ УПЛОТНЕНИЯМИ

Если рабочая среда, проходящая через арматуру, радиоактивна, ядовита или дорога в производстве, то ее потери из-за утечки в окружающую среду недопустимы.

Одно из решений этой задачи состоит в том, чтобы применить арматуру с сильфонным уплотнением. Этот тип арматуры содержит металлический сильфон, один конец которого соединяется со шпинделем а другой – с крышкой, чтобы обеспечить надежную преграду между рабочей жидкостью и окружающей средой.

Применяется также дублирующее уплотнение в форме обычного сальника, чтобы обеспечить резерв в случае отказа сильфона.

Сильфоны обычно изготавливаются из высококачественной аустенитной нержавеющей стали, чтобы обеспечить хорошее сопротивление коррозии. Однако для изготовления сильфонов может использоваться много других материалов на рабочие среды с различными давлениями и температурами. Сильфонные уплотнения используются во многих видах арматуры – запорных, регулирующих, предохранительных клапанах, задвижках и кранах. Сильфоны могут применяться в арматуре с рабочими давлениями преимущественно до 40 МПа.

Запорные клапаны и задвижки обычно имеют наружную резьбовую пару и устройство для исключения поворота шпинделя, что предохраняет сильфон от скручивания и соответственно от повреждения.

Арматура с сильфонным уплотнением имеет большую высоту из-за длины сильфона. Она может превышать по высоте обычную арматуру в 3–10 раз для обеспечения хода шпинделя, использования на заданных давлениях и температурах и цикличности, требуемых от сильфона.

Как в прямоходной, так и во вращательной арматуре сильфон механически защищен, поскольку помещается внутри крышки, как показано на рис. 54 и 55.

Сильфоны изготовлены механическим выдавливанием на оправке или гидравлическим формованием из тонкой трубы из коррозионностойкой стали. Главная проблема

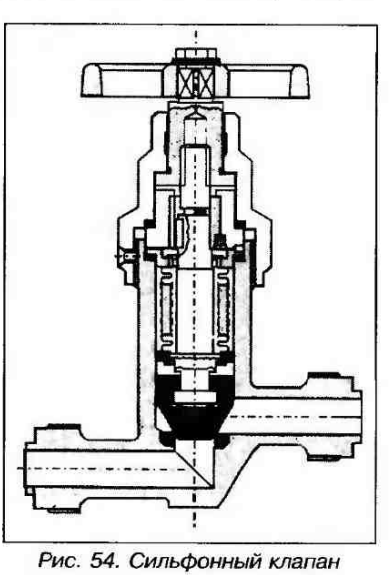

Рис. 54. Сильфонный клапан

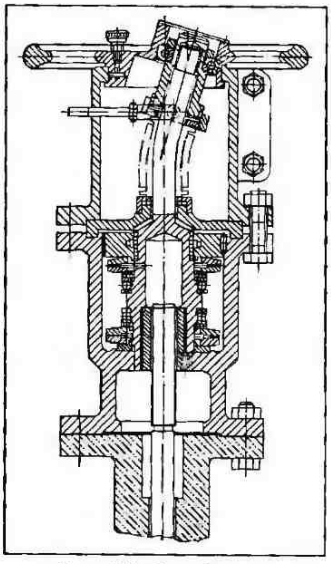

Рис. 55. Сильфонная задвижка

обеспечения прочности сильфона – изготовление из тонкой заготовки для получения его гибкости в процессе работы арматуры, чтобы избежать разрушения от усталости.

Рекомендуется, чтобы деформация сильфона не превышала 30% начальной длины, а для продления срока службы деформация должна быть снижена до 10%. Это требование необходимо учесть и в арматуре с вращательным движением шпинделя, так как сильфон не растягивается, а только скручивается. Однако сильфоны не принимают любую форму скручивания, поэтому недопустимы никакие нештатные деформации кожуха, которые неизбежно приведут к повреждению сильфона.

Стоимость сильфонной арматуры в несколько раз превышает стоимость стандартной, однако разница в цене составляет ничтожную часть стоимости потерь от простоев, страховых выплат, потери престижа завода по вине неисправной арматуры.

Ремонтопригодность становится все более важным фактором для потребителей, и она обеспечивается возможностью замены сильфонной сборки только при снятии крышки без демонтажа арматуры с трубопровода. Сильфонная арматура может служить многие годы только с заменой нескольких внутренних деталей или сборок.

АРМАТУРА С ДУБЛИРУЮЩИМИ САЛЬНИКАМИ

Решение проблемы герметичности обеспечивается установкой дублирующих сальников в сальниковую коробку. Два пакета сальниковых набивок разделяются фонарным кольцом (рис. 56).

Давление, действующее на пакеты уплотнений, допускается выше, чем на один набор сальниковых колец. Возможная утечка может быть обнаружена между пакетами, в районе установки фонарного кольца. Для наблюдения за утечкой выполняется отверстие в крышке арматуры, что позволяет предупредить потенциальный выброс среды в атмосферу.

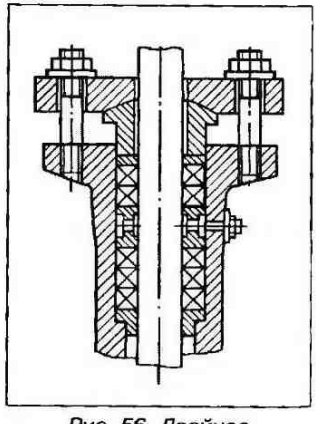

Рис. 56. Двойное сальниковое уплотнение

АРМАТУРА С НАГРУЖЕННЫМИ САЛЬНИКОВЫМИ УПЛОТНЕНИЯМИ

Арматура с сальниковыми уплотнениями, нагруженными тарельчатыми или навитыми пружинами, воздействующими или непосредственно на уплотнения, или через промежуточные втулки, имеет длительный срок службы уплотнений без протечек, так как в такой конструкции компенсируется износ и исключаются возможные утечки (рис. 57).

Эти меры позволяют существенно улучшить эксплуатационные характеристики работающей арматуры с незначительными издержками, исключая существующие утечки через сальники.

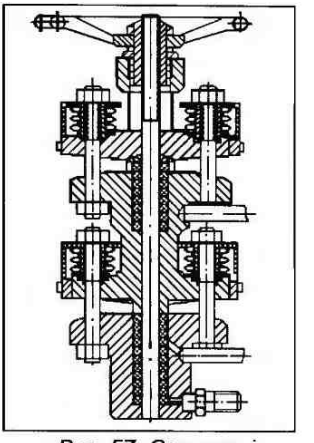

Рис. 57. Сальник, нагруженный пружинами

ЗАГЛУШКИ ТРУБОПРОВОДНЫЕ С ОСЬЮ ВНЕ ПРОХОДА

Они известны как заглушки для визуального наблюдения. Заглушки применяются для отключения или соединения участков трубопроводов и наблюдения за состоянием этого процесса. Они проще, чем заглушки, устанавливаемые между фланцами. Когда трубопровод открыт, заглушка выступает над ним, позволяя определить его состояние (рис. 58). При повороте заглушки за ее ось фланцы раздвигаются, а затем сближаются, создавая герметичное соединение.

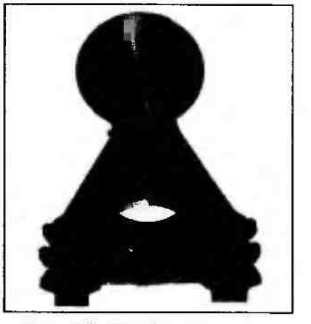

Рис. 58. Трубопроводная заглушка на трех шпильках

Когда требуется дистанционное управление, применяется так называемая скользящая заглушка, аналогичная шиберной задвижке с приводом (рис. 59).

Линейные заглушки устанавливаются на трубопроводах с жидкостью и порошкообразными средами. Они управляются как вручную, так и приводами. Однако перед заменой заглушек давление должно быть снято для исключения попадания среды в атмосферу.

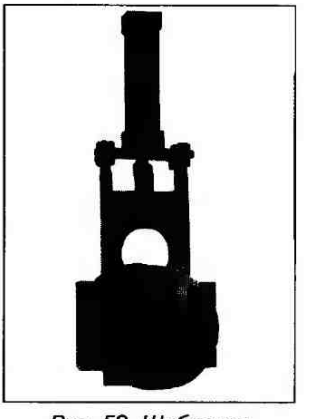

Рис. 59. Шиберная заглушка трубопровода

Глава 14

ПРИВОДЫ

С начала развития арматуростроения средства для управления ею были самыми важными частями арматуры. Первоначально это были простые рукоятки или винтовые пары, встраиваемые непосредственно или косвенно в арматуру. С ростом размеров и давлений стали применяться коробки передач, удлиненные рычаги и подобные устройства для увеличения усилий, управляющих арматурой.

За последние 40 лет увеличивалось значение автоматизации, а в последние 20 лет – компьютеризации управления технологическими процессами. Сегодня приводы, став неотъемлемой частью арматуры, являются составной частью функции управления предприятием.

Решение устанавливать привод на арматуру обычно основано на одном или большем количестве следующих соображений:

1) безопасность;
2) надежность;
3) контроль системы и управление и процессами;
4) недоступное или отдаленное местоположение арматуры;
5) чрезмерные усилия для управления арматурой;
6) чрезвычайно высокие требования к безопасности.

Приводы для приведения в действие арматуры могут быть классифицированы на три главные категории:

1) линейные;
2) неполноповоротные;
3) многооборотные.

Каждая из этих категорий может использовать электрическую, гидравлическую или пневматическую энергию.

Поскольку промышленность продолжает разрабатывать более эффективные и автоматизированные проекты, инженеры и техники выдвигают новые задачи и требования к арматуре.

При рассмотрении конструкций приводов должны учитываться следующие требования.

1. Привод должен быть способным не только обеспечить достаточное усилие или крутящий момент, но также и удерживать запирающий или регулирующий элемент в требуемом положении при самых неблагоприятных условиях протекания потока.

2. Привод должен обеспечить полный требуемый момент, с необходимой скоростью и соответствующее предохранение в случае прекращения подачи энергии или управляющего сигнала.

3. Привод должен обладать устройством, которое предотвращает чрезмерные усилия, действующие на арматуру при неблагоприятных состояниях электропитания.

При рассмотрении типа оборудования и спецификации приводов для

использования на арматуре необходимо, чтобы была принята во внимание полная пригодность системы, включая следующие требования:

1) пригодность источника энергии;
2) крутящий момент или усилие, требуемые для управления арматурой;
3) виды отказов;
4) стоимость обеспечения дистанционного управления и контроля;
5) время совершения полного цикла;
6) частота включения;
7) тип арматуры;
8) полные затраты на установку привода;
9) затраты на обслуживание привода;
10) эксплуатационные характеристики арматуры;
11) характеристика окружающей среды.

Глава 15

СИЛОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АРМАТУРЫ

Независимо от того, является ли арматура многооборотной, неполноповоротной или с прямым воздействием на шпиндель, задача выбора и определения правильных характеристик привода требует анализа необходимых крутящих моментов или усилий, возникающих в арматуре, на всем протяжении хода шпинделя от полностью открытого до полностью закрытого положения с учетом давления и характеристики среды.

Приведем некоторые из характеристик арматуры, которые нуждаются в рассмотрении.

Арматура с поступательным движением шпинделя

Задвижки, включая шланговые, запорные клапаны, мембранная арматура требуют возвратно-поступательного движения шпинделя, которое может осуществляться напрямую электрическим, пневматическим или гидравлическим приводом.

Для всех этих типов арматуры привод должен обеспечить определенное усилие, чтобы преодолеть трение, действующее на шпиндель, вызванное сальником. Обычно в расчетах принимается усилие между 4 и 12 кН, учитываемое дополнительно в зависимости от диаметра шпинделя. На низких перепадах давления затрачивается бóльшая часть усилия, требуемого для преодоления трения в сальниковом уплотнении. Учитываются также другие соображения.

Задвижки с жестким и упругим клином

В этом типе арматуры отключение потока достигается клиньями, перемещаемыми поперек проходного сечения. В конце хода на закрытие возникает дросселирующий эффект от увеличения перепада давления. Дифференциальное давление вынуждает клин прижаться к уплотнительному кольцу, и привод должен обеспечить необходимое усилие, чтобы преодолеть это сопротивление. Дополнительное усилие требуется, чтобы, наконец, переместить клин в посадочное место для создания необходимого контактного давления.

Увеличенное трение возникает при использовании задвижек на газах из-за уменьшенного смазочного эффекта по сравнению с жидкостями и увеличивается, когда температура среды превышает 400°С.

Дополнительное сопротивление для перемещения шпинделя, которое называется «поршневым эффектом» и должно быть принято во внимание, – это давление среды, действующее на шпиндель арматуры, где он проходит через сальник. Этот эффект должен учитываться при давлении, превышающем 7 МПа.

Параллельные задвижки

Силы, требуемые для действия параллельных задвижек, – те же, что и у клиновых, за исключением того, что никакое дополнительное усилие в конце хода на закрытие не требуется, поскольку прижим

диска достигается дифференциальным давлением, вынуждающим создать необходимые для герметизации контактные усилия.

Запорные клапаны

Имеются два существенно различных типа запорных клапанов: собственно запорные клапаны и клапаны управления производственными процессами. Оба типа имеют очень похожие операционные действия, вместе с тем силы, требуемые для приведения в действие запорных клапанов, могут быть рассчитаны относительно просто, в то время как силы, требуемые для использования запорно-регулирующих клапанов, значительно изменяются в зависимости от формы плунжера и характеристик потока, таких, как скорость, дифференциальное давление и степень их сбалансированности в проекте. Подбор приводов, удовлетворяющих арматуру управления производственным процессом, требует специальных расчетов, обычно выполняемых для каждой конструкции.

Запорные клапаны обычно устанавливаются на трубопровод так, чтобы поток подавался под диск и давление оказывало сопротивление закрытию, но могут быть случаи, где поток направлен в противоположном направлении, и давление помогает закрытию. Поскольку этот тип запорных клапанов часто имеет уплотнение металл по металлу, необходимо значительное усилие, чтобы обеспечить герметичность.

Вообще говоря, эффект давления, действующего на шпиндель клапана, существенно меньше, чем в задвижках, так как площадь шпинделя является частью площади диска; тем не менее, он должен учитываться при чрезвычайно высоких давлениях, чтобы сделать поправку на «эффект поршня».

Мембранные клапаны и шланговые задвижки

Усилия для управления мембранными клапанами и шланговыми задвижками трудно рассчитать, так как на них влияет не только давление среды. Жесткость материалов, используемых в мембранах клапанов и патрубках задвижек, существенно зависит от применяемых материалов для удовлетворения требований эксплуатации. Обычно необходимые усилия или крутящие моменты для этих видов арматуры определяются опытным путем. Выбору приводов для этой арматуры должно быть уделено особое внимание, поскольку при закрытии мембраны или патрубки могут быть легко повреждены избыточной нагрузкой.

Неполноповоротная арматура

Штоки большинства неполноповоротной арматуры выполняют поворот на 90°, однако имеется арматура, штоки которой поворачиваются на больший угол. Неполноповоротная арматура имеет одно преимущество: она требует номинального поворота только на 90° независимо от размера. В результате она может управляться прямым движением с ограниченным ходом, например, пневматическими или гидравлическими цилиндрами. Это может обеспечить быстродействие с относительно малым потреблением энергии.

Приводы для неполноповоротной арматуры обычно только передают крутящий момент на шток арматуры – шаровым и другим кранам и

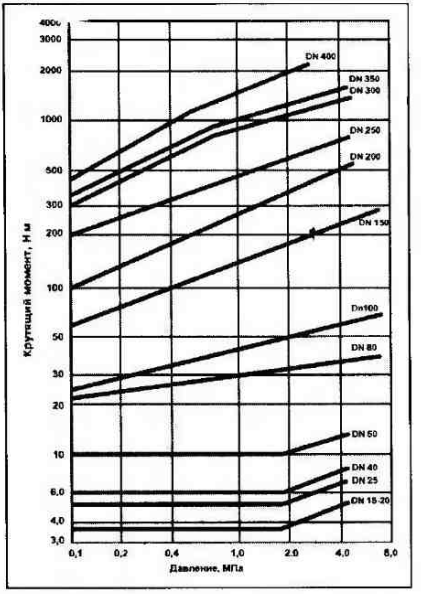

Рис. 60. Типовые кривые сопротивления для шаровых кранов с уплотнениями из чистого фторопласта

дисковым затворам, которые требуют от приводов только преодоления трения в подшипниках, поддерживающих рабочие органы при воздействии перепада давления. Дополнительный крутящий момент требуется также для преодоления трения в сальниках. Необходимо рассмотреть и другие факторы для каждого вида арматуры.

Шаровые краны

Должны быть учтены коэффициент трения материала уплотнения, а также воздействие температуры, скорости и вязкости рабочей среды

Типичные кривые крутящего момента для шаровых кранов с уплотнениями из чистого фторопласта показаны на рис. 60. Кривые иллюстрируют максимальные сопротивления, необходимые для поворота шпинделя крана. Они возникают при повороте шара из закрытого положения. Краны, снабженные наполненным фторопластом, PEEK, расширенным графитом или металлическими уплотнениями, нуждаются в более высоких крутящих моментах, описываемых другими кривыми.

При перемещении крана из открытого в закрытое положение

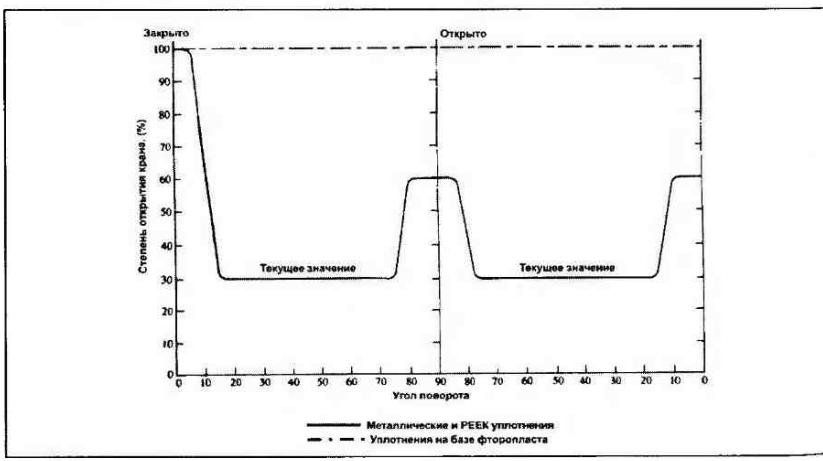

Рис. 61. Текущие значения крутящих моментов сопротивления шаровых кранов

крутящий момент изменяется. Поскольку кран в открытом положении не подвергается давлению среды, крутящий момент для начала движения составляет около 60% момента начала открытия из закрытого положения (рис. 61). Текущий момент при повороте пробки составляет около 30%, а при достижении положения «закрыто» – 60% соответственно. В кранах с уплотнениями из PEEK или металла кривая крутящего момента приблизительно постоянна, независимо от положения пробки крана. Рассмотрение только одной кривой позволяет определить вероятное положение максимума крутящего момента.

Дисковые затворы

Независимо от того, применено ли в дисковых затворах мягкое или металлическое уплотнение, существенное влияние на крутящий момент оказывают гидродинамические силы на профиле диска от протекающего с высокой скоростью потока среды, особенно в затворах больших размеров. Необходимо особо отметить, что дисковые затворы обычно требуют приводных устройств с автоблокировкой, чтобы привод мог противодействовать усилиям, направленным на поворот диска от реакции, вызываемой потоком.

Типичные кривые крутящих моментов показаны на рис. 62.

Пробковые краны

Требования к крутящим моментам пробковых кранов во многом зависят от того, работают ли они со смазкой или без нее. Однако, поскольку крутящий момент в их конструкции не зависит от давления среды, крутящие моменты на открытие и закрытие относительно мало отличаются друг от друга. В конусных кранах постоянный перепад давления требует постоянного крутящего момента, равного 90% момента закрытия (рис. 63).

В цилиндрических кранах требуется меньший крутящий момент, но в промежуточном положении он также равен 90% максимального значения.

Выводы

Большинство изготовителей арматуры публикует максимальный крутящий момент, требующийся в идеальных условиях. Эти крутящие

Рис. 62. Крутящие моменты сопротивления поворотных затворов

Рис. 63. Крутящие моменты сопротивления пробковых кранов

моменты должны быть увеличены, когда арматура используется в нестандартных условиях, а именно:

Сухой газ или воздух	До 25%
Пульпа	На 25–100%
Большая скорость	На 25%
Высокая температура	До 100%
Низкая температура	До 400%
Малая цикличность	На 25%

Изготовитель привода должен устанавливать минимальный крутящий момент или усилие начала и конца полного цикла открытия и закрытия для устройств, преобразующих поступательное движение во вращательное, и для зубчатых передач, указать полные данные для установки положения закрытия, минимальный ход и минимальный крутящий момент или усилие. Если приведены только одни данные, они должны соответствовать всем трем условиям.

Изготовитель должен также указать средние затраты энергии для каждого полного хода в обоих направлениях, которые установлены в следующих размерах:

1. Для пневматических приводов – давление и расход воздуха в нормальных $м^3$;

2. Для гидравлических приводов – давление и вытесняемый объем;

3. Для электрических приводов – напряжение и соответствующая сила тока;

4. Для многооборотных гидравлических приводов – давление и расход жидкости в $м^3$/ч.

Арматура должна предусматривать возможность ручного привода при обслуживании и наладке. Необходимо помнить, что при некоторых размерах привод может стоить больше, чем арматура, поэтому для выбора наиболее дешевого комплекта должны быть учтены требования к крутящим моментам.

В табл. 19 приведены типичные крутящие моменты для поворотной арматуры, класс 150, полный перепад давления.

Таблица 19

Типичные крутящие моменты для пробковых кранов и дисковых затворов, Н·м (фунт-фут)

Размер, дюйм	Краны пробковые	Краны шаровые	Дисковые затворы	
			С диском на оси	С эксцентрично установленным диском
2	67 (49)	20 (15)	8 (6)	38 (28)
3	162 (120)	61 (45)	11 (8)	56 (41)
4	237 (175)	88 (65)	25 (18)	103 (76)
6	296 (218)	264 (165)	107 (79)	220 (162)
8	949 (700)	460 (340)	215 (159)	450 (332)
10	1360 (1004)	732 (540)	565 (417)	600 (443)
12	1900 (1402)	1356 (1000)	859 (634)	1400 (1033)

Глава 16

ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ ПРИВОДЫ

Пневматическая энергия используется для приведения в действие трубопроводной арматуры много лет. Пневмоприводы наиболее часто применяются для управления неполноповоротной арматурой с их ограниченными требованиями по ходу, но могут также использоваться для управления прямоходной арматурой. Пневматическую энергию легко хранить, и пневматические приводы поэтому обычно наиболее часто применяются для сооружений, где источники энергии имеют ограниченную мощность или недостаточно надежны. Пневматические приводы управляют арматурой почти всех размеров кроме самых больших.

Источники пневматической энергии

Пневматические приводы обычно разрабатываются для использования при управляющих давлениях 0,5...0,7 МПа. Применяется сжатый чистый сухой воздух, но может использоваться природный газ. Необходим обоснованный выбор размеров компрессоров в соответствии с размерами емкостей для хранения и числом приводов, способных удовлетворить потребность в сжатом газе в любой момент, чтобы достичь наиболее экономичного варианта.

Крутящий момент привода пропорционален управляющему давлению, которое он получает. Требуемое время срабатывания арматуры является главным фактором в определении необходимой производительности оборудования для подачи управляющего газа, включая накопительные емкости и диаметры подводящих трубопроводов.

Типы приводов

Имеются три основных типа приводов, которые преобразовывают пневматическую энергию в механическую.

1. Поршневой привод

Этот привод состоит из цилиндра и поршня, который уплотнен круглыми эластомерными кольцами. Приводы могут использоваться как двойного действия, так и с возвратной пружиной. Поскольку приводы перемещают шток воздухом, действующим на поршень, они должны использовать механизм, преобразующий поступательное движение во вращательное для использования на неполноповоротной арматуре. Имеются четыре распространенных типа преобразующего механизма:

а) кулисно-поршневой привод (в Великобритании его называют «шотландский парный привод») состоит из двух поршней, соединенных штоком, и кулисы (рис. 64). Его харак-

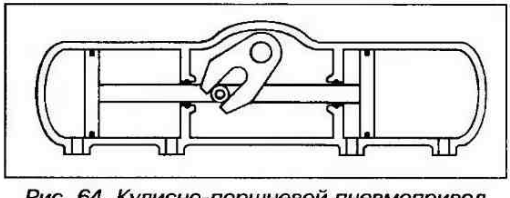

Рис. 64. Кулисно-поршневой пневмопривод

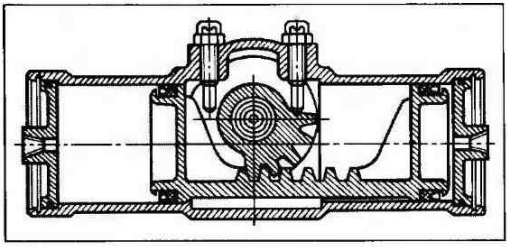

Рис. 65. Реечно-поршневой пневмопривод

теристика крутящего момента очень близка к требуемой для дроссельных затворов и шаровых кранов;

б) реечно-поршневой привод

Реечно-поршневой привод состоит из одного или двух поршней, соединенных общей рейкой, входящей в зацепление с зубчатым колесом. Большинство таких приводов спроектировано для поворота выходного вала на 90° (рис. 65). Но есть конструкции, поворачивающие вал на 180°. Зубчатое колесо расположено на одной оси с валом, поэтому крутящий момент привода не изменяется в течение всего хода. Это делает привод подходящим для пробковых кранов.

Реечно-поршневые приводы могут содержать один или два поршня. Последние относятся к приводам двойного действия, поскольку поршни во время хода тянут или толкают друг друга. Использование двух поршней позволяет получить больший крутящий момент, так как давление воздуха действует на площадь двух поршней одновременно;

в) рычажно-поворотный привод

Он обычно содержит ось, соединенную с цилиндром, который действует через рычаг на шток арматуры. Вообще говоря, этот тип привода не популярен, так как имеет движущиеся детали, которые могут травмировать обслуживающий персонал. Тем не менее, их использование возможно, если подвижные части закрыты кожухами. Характеристики привода подобны характеристикам кулисно-поршневых приводов;

г) привод с кулачковым механизмом

Он содержит два поршня, соединенных с кулачком в кожухе и штоком между цилиндрами (рис. 66).

Поворот осуществляется согласно профилю кулачка, соприкасающегося с центрами поршней. Профиль кулачка может быть спроектирован таким образом, чтобы осуществлять поворот на 90° без использования механических упоров в конце хода. Характеристика крутящего момента постоянна на протяжении всего хода.

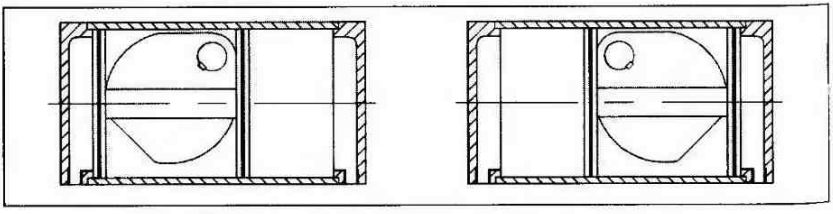

Рис. 66. Кулачковый двухпоршневой пневмопривод

2. Лопастные приводы

Лопастные приводы – простые конструкции, действующие на протяжении четверти оборота. Лопасть привода соединена непосредственно со штоком арматуры. Воздух, подаваемый на привод, действует на лопасть, создавая крутящий момент для поворота. Так как расстояние от центра лопасти до приводного вала постоянно, рабочий момент в обоих направлениях остается постоянным. На крышке привода может быть установлена спирально-навитая пружина типа часовой. Она поглощает некоторое количество энергии для обеспечения возврата в исходное положение.

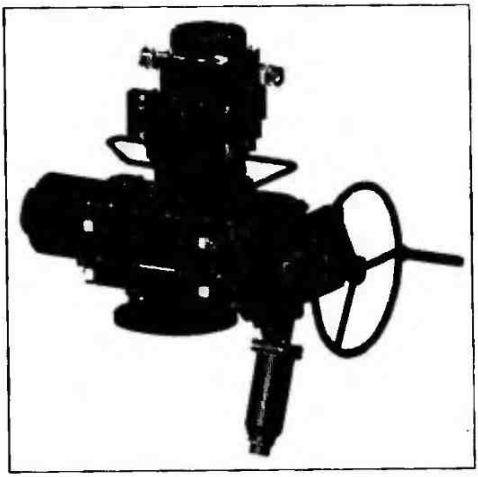

Рис. 67. Моторный пневмопривод струйного типа (Фирма «Текскомп-Китэма»)

3. Пневматические моторные приводы

Пневматические моторные приводы имеют конструкции, подобные электрическим, но с пневматическим двигателем. Пневматический двигатель может управляться или полностью пневматической системой, использующей пневматическую же арматуру, которая отключает поступление воздуха на воздушный двигатель, или выключателями, которые используют соленоидные клапаны для отключения привода в конце цикла. Пневматические моторные приводы потребляют очень много воздуха и поэтому не очень широко распространены, за исключением потребителей, обладающих большими запасами энергии, например при транспортировке газа (рис. 67).

Подбор приводов двойного действия

Все изготовители приводов дают информацию по крутящим моментам и показывают широкий диапазон различий между приводами двойного действия, с возвратными пружинами, поршневыми, кулисно-поршневыми, реечно-поршневыми, рычажно-поворотными, кулачковыми и лопастными конструкциями. Инженеры-эксплуатационники должны также знать об изменениях крутящего момента в зависимости от возможных изменений управляющего давления.

Большинство приводов настроено на стандартное давление компрессора 0,7 МПа. Однако, если арматура с приводом расположена в отдаленной части завода или в цехе, где имеется много оборудования, подключенного к воздушной сети, то давление может упасть до 0,4 МПа или ниже, поэтому следует прибавить к необходимому крутящему моменту запас, по крайней мере, 20% и также учесть другие факторы, требуемые, чтобы преодолеть увеличенный крутящий мо-

мент из-за дополнительного сопротивления. Должен быть выбран самый близкий размер привода с крутящим моментом больше требуемого при штатном давлении воздуха.

Подбор приводов с возвратными пружинами

Приводы с возвратными пружинами используют давление воздуха только для перемещения шпинделя в одном направлении, а возврат в первоначальное положение осуществляется под действием возвратной пружины. Некоторые изготовители применяют многопружинные конструкции, в то время, когда другие используют одну или две мощных пружины.

В приводах с пружинами энергия сжатого воздуха затрачивается на сжатие пружин. При обратном ходе, когда пружины распрямляются, энергии воздуха требуется меньше (рис. 68).

Имеются четыре ключевых фактора, которые следует учитывать при анализе крутящего момента, когда пружины возвращают шпиндель:

1) воздух, начало хода;
2) воздух, конец хода;
3) пружина, начало хода;
4) пружина, конец хода.

Большинство неполноповоротной арматуры требует высокого крутящего момента при старте из закрытого положения. Другие положения требуют меньшего крутящего момента, так что приводы с пружинами возврата были бы идеальными для этого типа арматуры.

Крутящий момент от действия пружин может быть увеличен при добавлении или усилении пружин, естественно, с потерей части крутящего момента от действия воздуха. Требуется анализ, чтобы определить, что крутящий момент привода в начале и конце каждого хода превышает необходимый крутящий момент для арматуры. Большинство изготовителей предлагает разные комплекты пружин, чтобы удовлетворить требования для арматуры всех размеров.

Крутящий момент кулачковых приводов, снабженных пружинами возврата, сохраняется постоянным при силовом ходе и повышен при начале действия пружин. Указанные характеристики делают эти приводы идеальными для установки на арматуру систем безопасности, когда аварийное срабатывание является жизненно необходимым.

Рис. 68. Усилия в поршневом приводе с возвратными пружинами

Пневматические приводы для прямоходной арматуры

Пневматические приводы могут использоваться для прямого действия прямоходной арматуры типа задвижек, включая шланговые запорных клапанов, мембранной арматуры. Выбор приводов и принадлежностей подобен выбору вращательных приводов, за исключением того, что расчеты требуют разных формул. Выбор линейных приводов основан на длине хода и применении двух типов приводов - мембранных и поршневых. Оба типа приводов развивают усилие, рассчитываемое по формуле:
усилие равно давлению, умноженному на площадь.

Подбор линейного привода требует следующей информации:

1) усилие, необходимое для закрытия арматуры (F);
2) длина хода для закрытия арматуры из открытого положения;
3) необходимое давление воздуха (p).

Эта информация используется для расчетов по формулам

$$F = p\pi r^2,$$

где

$$r = \sqrt{\frac{F}{\pi p}};$$

$$D = 2\sqrt{\frac{F}{\pi p}}.$$

Получен требуемый размер диаметра поршня.

Необходимо учесть, что в приводах задвижек усилие для открытия меньше, чем при закрытии, так как эффективная площадь поршня будет меньше, поскольку она уменьшается на величину площади штока привода. Это может привести к трудностям при открытии арматуры, если закрытие осуществлялось при максимальном давлении управляющего воздуха.

Поршневые приводы как двойного действия, так и с возвратными пружинами могут применяться для неполноповоротной арматуры. Мембранные приводы, обычно с возвратными пружинами, хорошо подходят для регулирующей арматуры.

Моторные пневматические приводы требуют на шпинделе арматуры наличия резьбы, чтобы преобразовать вращательное движение в поступательное, как это выполняется с электрическими приводами.

Приборы для управления пневматическими приводами

Для всех типов пневматических приводов требуется следующая комплектация.

1. Соленоидные распределители

Соленоидные распределители используются как вспомогательные устройства для управления подачей и сбросом воздуха для приводов. Эти клапаны распределяют потоки через несколько патрубков, открывающихся для подачи воздуха в разных направлениях. Они могут быть трехходовыми, имеющими входной, выходной и сбросной патрубки, что делает их идеальными для приводов с возвратными пружинами. В

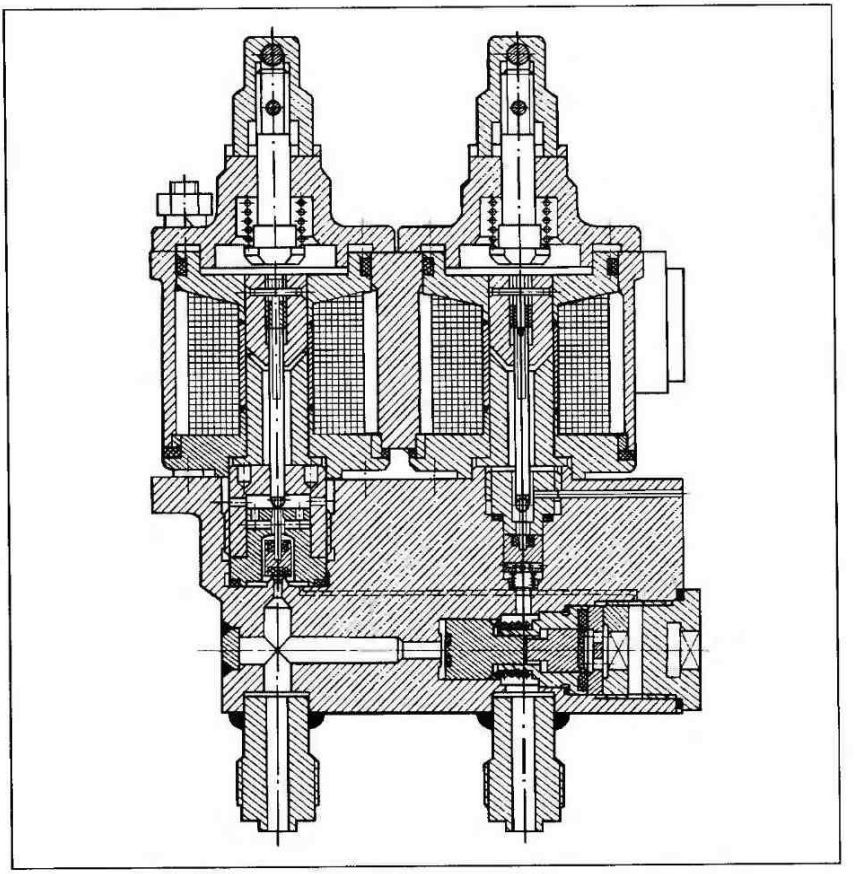

Рис. 69. Четырехходовой соленоидный распределитель

четырехходовых распределителях имеется входной патрубок, два выходных и сбросной. Они используются для соединения с приводами двойного действия (рис. 69).

2. Путевые выключатели

Путевые выключатели используются для дистанционного указания положения или отключения электрических цепей, особенно в начале и конце хода привода. Путевые выключатели обычно размещаются в коробке выключателей, содержащей элементы выключения, кулачки, разделку кабелей и клеммные колодки, но могут иногда устанавливаться индивидуально на корпусах больших приводов. В этом случае они заключены в металлические кожухи. В конструкциях коробок выключателей установлен валик, приводимый во вращение непосредственно от привода, а коробка снабжена местным указателем положения. Индивидуальные или расположенные в ко-

робке выключатели должны отвечать требованиям окружающей среды, при опасности взрыва они должны быть пожаростойкими (Exd) или искробезопасными (Exi) и сертифицированы на соответствующие нагрузки.

Рис. 70. Устройство для настройки крайних положений в шаровом кране

3. Позиционеры

Позиционеры используются для поддержания положения шпинделя при изменяющемся управляющем сигнале и могут быть пневматическими или электрическими. Позиционеры определяют положение шпинделя и сравнивают его с командным сигналом, а рассогласование исправляют, посылая сигнал на открытие или закрытие привода.

Большинство базовых позиционеров имеют линейную характеристику, которая означает, что входной сигнал прямо пропорционален перемещению штока.

Позиционеры могут быть прямого действия, когда увеличение уровня входного сигнала открывает клапан и, таким образом, увеличивает расход среды, или обратного действия, когда увеличение уровня входного сигнала закрывает клапан. Позиционеры могут, однако, иметь входную/выходную характеристику, согласованную таким образом, чтобы регулирование потока происходило по подходящим условиям эксплуатации.

4. Ручное управление

Это – средство, чтобы управлять арматурой вручную с использованием маховика и редуктора в случае отказа привода из-за потери воздушного давления или электрической энергии в соленоидном клапане.

Коробка передач должна быть установлена между приводом и арматурой так, чтобы она могла использоваться, если привод демонтируется для ремонта. Однако вспомогательное устройство для ручного управления должно иметь отключающее устройство, чтобы маховик остался неподвижным при действии привода.

5. Регулируемая остановка при открытии и закрытии арматуры

Поскольку для шаровых кранов чрезвычайно важно, чтобы они совершили поворот на 90° за цикл, некоторые изготовители приводов устанавливают регулируемые путевые выключатели, чтобы быть уверенным, что шар остановился в точном положении, 100%-ного открытия или закрытия (рис. 70).

6. Указатели промежуточного положения

Все приводы должны иметь ясный визуальный указатель положения, который должен показать положения «Открыто» и «Закрыто», как минимум, если такой индикатор не установлен на арматуре.

7. Аккумуляторы

Аккумуляторы, состоящие из маленьких сосудов накопления воздуха, могут быть установлены на приводе, чтобы обеспечить одиночное

или многократное аварийное срабатывание, когда применение пружин возврата или нежелательно или недопустимо.

Преимущества пневматических приводов

1. Сжатый воздух – экономичная и удобная форма хранения энергии для аварийного действия.

2. Поскольку поршень не самоблокируется, он может быть использован для сжатия пружин при аварийном включении.

3. Так как воздух, подвергнутый нагреванию, сохраняет свойства среды, передающей энергию, при тепловом расширении он лучше управляет арматурой.

4. Воздух может сбрасываться в атмосферу.

Недостатки пневматических приводов

1. Приводы не обладают кинетической энергией для обеспечения «эффекта молотка» при срыве с уплотнения деталей арматуры.

2. Сжимаемость воздуха ограничивает способность приводов сохранять положение шпинделей арматуры, что может привести к перемещению деталей задвижек и дисковых затворов. Имеются также ограничения на расстояние, которое не может превышать нескольких сотен метров, в то время как электрические приводы свободно располагаются в более отдаленных районах. Относительно низкое управляющее давление ограничивает размеры арматуры, которая управляется пневматическими приводами, поскольку диаметры цилиндров ограничены в размерах. Особенно это сказывается при использовании возвратных пружин, которые значительно снижают выходное усилие или крутящий момент.

3. Материалы, обычно применяемые для уплотнения поршней и пневматических элементов, не термостойки, и оборудование должно быть защищено надежной изоляцией, если гарантируется работоспособность при пожарах.

4. Ручное управление очень большой арматурой затруднительно из-за значительных усилий, которыми нужно преодолеть действие привода, если не предусмотрено отсоединение поршня.

5. Приводы с пневматическими двигателями очень восприимчивы к заеданиям из-за коррозии, образующейся от большого количества влаги, содержащейся в управляющем воздухе, а также к минусовым температурам, когда влага замерзает.

6. Расход воздуха для пневматических двигателей очень большой, поэтому не всегда выгодно применение пневматических приводов для больших размеров арматуры.

Огнестойкие приводы для поворотной арматуры

Большинство пневмоприводов изготавливается из прессованного или литого алюминия, и поэтому их применение недопустимо в местах, где может возникнуть пожар. Могут применяться огнестойкие покрытия, которые ограничивают повышение температуры внутри привода в течение 15 мин, или весь привод может быть помещен в огнестойкий кожух. Однако нецелесообразность этого мо-

жет быть доказана необходимостью дополнительного пространства или неэкономичностью.

Огнестойкие приводы изготавливаются из карбамидных, углеродистых или нержавеющих сталей.

Эти приводы работают удовлетворительно при температуре окружающей среды до 150°С и при пожаре температурой до 1110°С в течение 15 мин и должны сохранять работоспособность как в течение пожара, так и после него.

Эти приводы используются на нефтяных платформах и нефтеперерабатывающих заводах, в гидрокрекинге и применяются в высокоопасных производствах. Важность их предохранительной способности первостепенна, но они должны выбираться с четырехкратным запасом по крутящему моменту для уверенности в том, что возвратные пружины сработают в аварийной ситуации. Приводы должны содержать аварийный накопитель воздуха, чтобы гарантировать достаточность давления для аварийного закрытия арматуры.

Выводы

Пневматические вращательные приводы наиболее популярны из-за простоты действия и доступности принадлежностей для выполнения всех требований к приводной арматуре. Привод может быть выполнен в коррозионно-стойком исполнении, с различными покрытиями (полиуретан или эпоксидная смола) и в атмосферостойком исполнении, применяться в опасных производствах, иметь безопасные электрические комплектующие и гарантировать совместимость с окружающей средой.

Глава 17

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПРИВОДЫ

Обычный современный электрический привод обеспечивает универсальный метод управления арматурой. Средства обслуживания для местного, дистанционного и ручного управления доступны для удовлетворения полного спектра типов и размеров арматуры. На рис. 71 показан электрический привод, установленный на шаровом кране.

Электрические параметры

В приводах для небольшой многооборотной и неполноповоротной арматуры часто используют однофазные двигатели переменного или постоянного тока. Трехфазные асинхронные двигатели, однако, обеспечивают бо́льшую мощность, простое управление и электрическую схему включений для крупной арматуры.

Следует отметить, что обычно выходной крутящий момент электродвигателя пропорционален квадрату напряжения. Поэтому необходимо удостовериться, что напряжение в сети соответствует требующемуся для привода.

Защита от воздействия окружающей среды

Приводы для арматуры могут в течение длительного времени быть выключенными и находиться при этом в неблагоприятных условиях. Поэтому естественно, что электрические компоненты помещены во влагозащищенные коробки с соответствующим устройством ввода кабеля. Это должно минимизировать потребность в доступе к ним обслуживающего персонала, когда попадание пыли и влаги могли бы причинить вред электрическим компонентам.

Силовые характеристики электроприводов позволяют спроектировать их пожаростойкими (Exd), и естественно использовать эту базу для взрывобезопасного исполнения путем размещения электрических компонентов в соответствующих корпусах. Однако устройства повышенной безопасности (Exe) обычно выполняются без особых трудностей. Некоторые изготовители способны предложить несколько типов предельных выключателей, чтобы гарантировать «действительную безопасность» (Exi) электрических схем, но они ограничены в применении.

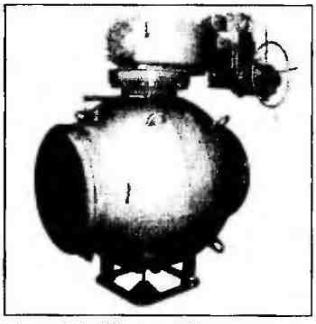

Рис. 71. Шаровый кран с электроприводом (Завод «Тяжпромарматура», г. Алексин)

Редукторы

Вообще говоря, необходимо большое передаточное отношение механиз-

ма преобразования высокой скорости электрического двигателя в низкую скорость, требуемую для управления арматурой. В случае неполноповоротной арматуры скорость даже меньше, чем для многооборотной, так что необходимо дальнейшее уменьшение частоты вращения. Этот дополнительный редуктор может быть частью главного редуктора привода, который устанавливается на малую арматуру, или быть дополнительной коробкой передач для больших приводов. Однако часто используются устройства типа ведущих винтов или ведущих рычагов, чтобы получить заключительное движение, требуемое для управления неполноповоротной арматурой. В случаях, когда управляется очень большая многооборотная арматура, обязательно должна использоваться дополнительная коробка передач с передаточными отношениями от 2 до 12. В этих случаях устройство для ударного срыва с уплотнения осуществляется во второй коробке передач.

Ручное управление

Для ручного управления используются маховики, которые имеют обычно управляемое соединение с валом двигателя на малых размерах привода. На приводах больших размеров, чтобы уменьшить требуемое усилие, используются редукторы с малым передаточным отношением. Для переключения на ручное управление применяется рычаг, который автоматически возвращается для соединения кинематической схемы с двигателем при его включении. Это является важной особенностью, поскольку позволяет избежать риска травмирования персонала в случае вращения маховика, оставляемого по ошибке соединенным с двигателем после ручного управления.

Важно, что редуктор, используемый для двигателя, не используется для ручного управления, поскольку при его отказе арматура осталась бы неуправляемой и электрически, и вручную.

Обычно в приводах предусматривается отверстие для прохода выдвижного шпинделя.

Самоторможение передач

Важно, чтобы передачи, применяемые в электроприводах, имели самотормозящиеся элементы. Это требование относится практически ко всем видам арматуры, кроме пробковых кранов. Вообще говоря, в многооборотной арматуре ее самоторможение является характерной особенностью, поскольку резьба винтовой пары, как правило, выполняется самотормозящейся. Естественно, что шаг резьбы для рычагов ручного управления неполноповоротной арматурой должен отвечать этому требованию. Во второй ступени коробок передач передаточное отношение также должно обеспечивать самоторможение.

Путевые и моментные выключатели

Большинство электрических приводов использует электрические выключатели, чтобы обеспечить остановку двигателя, когда арматура достигает полностью закрытого или полностью открытого положения. Дополнительные выключатели применяются для соединения с цепями

управления, сигнальными лампами для указания дополнительных положений шпинделя, блокировок с другой арматурой и т.п. Приводы, разработанные для создания дополнительного усилия уплотнения, снабжаются устройствами установки и ограничения крутящего момента с соответствующими выключателями и сигнализацией. В последние годы изменение крутящего момента используется для диагностики технического состояния как привода, так и арматуры. Электродвигатель отключается при достижении заданного крутящего момента при закрытии или открытии арматуры, а также при его возрастании в процессе движения, когда перемещение в обоих направлениях шпинделя затруднено из-за заедания в резьбовой паре или других помех.

Двигатели, которые разработаны с возможностью работы в стопорном режиме, т.е. могут не вращаться в течение длительных периодов, например при использовании для регулирующей арматуры, зачастую не нуждаются в устройствах для ограничения крутящего момента, так как могут перемещать шпиндель арматуры без риска повреждения, хотя и в этом случае должна быть выполнена проверка невозможности поломок приводом деталей арматуры.

Режимы работы

Тип нагрузки, которую должен обеспечивать привод, время непрерывной работы, режим нагрева должны отвечать выполняемым электроприводом функциям. Существуют три основных типа режимов работы приводов:

1) *редкая частота включений* – режим, при котором выполнение полного цикла открытия/закрытия арматуры нельзя выполнять больше, чем несколько раз в день или в неделю;

2) *повторно-кратковременный режим* может требовать дополнительного действия привода. чтобы совершить небольшое перемещение шпинделя арматуры неоднократно в середине хода, сопровождаемое длительными периодами остановок, т. е. включений, не превышающих 30–60 запусков в час;

3) *регулирование* – режим, связанный с работой управления производственным процессом, где привод, вероятно, придется использовать с частотой запусков между 600 и 1800 в час.

Большинство электрических приводов разработано для повторно-кратковременного режима работы, но может использоваться для кратковременного режима, но эта возможность должна быть подтверждена изготовителем.

Электрические приводы для регулирования разрабатываются специально и в результате обычно гораздо более дорогие, чем разработанные для других режимов.

Преимущества электроприводов

1. Двигатели имеют большую частоту вращения, обеспечивающую высокую кинетическую энергию, гарантирующую срыв с уплотнения запирающего элемента арматуры.

2. Стабильность положения арматуры из-за понижающего редуктора и винтовой передачи, обычно используемой для передачи движения от двигателя к арматуре.

3. Способность совмещения непосредственно с современными компьютеризированными и телеметрическими системами дистанционного управления.

4. Электрические цепи не вносят грязь или влажность и работают мгновенно на больших расстояниях.

5. Простое управление маховиком обеспечивает как воздействие на арматуру, так и его отключение при работе двигателя.

6. Взаимодействие между двигателем и дистанционным управлением – система, которая более надежна, чем управление посредством соленоидной арматуры.

7. Привод и система управления могут быть протестированы без включения арматуры – посредством маховика, переключенного переключателем на ручное управление.

8. Если условия безопасности предприятия требуют определенной последовательности срабатывания арматуры, то необходимые схемы могут быть собраны простым переключением путевых и моментных выключателей на соответствующей аппаратуре.

9. Разделение аварийного и нормального управления в схемах управления относительно просты и позволяют выполнить мероприятия по защите от пожарной опасности концентрацией цепей управления в отдельных трассах, позволяющих проложить их независимо от тепловой защиты двигателей, отдельных выключателей и аварийных схем управления.

10. Обычно к электроприводам подводятся только два кабеля – силовой и для управления, независимо от сложности схем управления и аппаратуры.

11. Как установка, так и поднастройка легко осуществима, поскольку и приводы, и их элементы обычно взаимозаменяемы независимо от их назначения. Это позволяет быстро осуществить ремонт или аварийную замену неисправного привода, предназначенного для нормальной или аварийной системы.

Недостатки электрических приводов

1. Отказ электропривода в случае повреждения электропитания.

2. Низкая сопротивляемость электрооборудования и кабелей высоким температурам.

3. Трудность хранения электрической энергии, а необходимость применения редукторов исключает возможность использования пружин для выполнения хотя бы одного аварийного срабатывания в аварийной ситуации.

4. Чувствительность электрооборудования к влажности вынуждает применять надежные уплотнения соединений.

Выбор электрических приводов для многооборотной арматуры

При выборе электроприводов для многооборотной арматуры учитываются крутящий момент и скорость, соответствующее напряжение и частота тока. Изготовители арматуры обычно указывают необходи-

мые силовые параметры, требующиеся для управления арматурой – усилие или крутящий момент.

Размер привода, требуемого для использования на задвижках или запорных клапанах, определяется следующими параметрами:

1) усилие на шпинделе;
2) диаметр и величина подъема выдвижного шпинделя;
3) крутящий момент;
4) скорость или время срабатывания.

Если привод уже установлен на арматуре, а крутящий момент неизвестен, то он может быть рассчитан. Работа арматуры с достаточным для поворота резьбовой пары крутящим моментом при полном перепаде давления подтверждает расчеты с учетом любых характеристик трения.

При выборе привода подбирается необходимая частота вращения, чтобы обеспечить заданное время срабатывания арматуры. Важно обратить внимание на то, что увеличение шага резьбы позволяет уменьшить время цикла гораздо эффективнее, чем выбор более высокой частоты вращения электродвигателя, приводящей к росту нежелательных сил инерции.

Усилие, передаваемое на шпиндель арматуры, осуществляется через резьбовую пару. Все многооборотные приводы обеспечивают максимальное усилие, которое должно быть большим, чем требуется для арматуры, например, на задвижке требуется усилие, являющееся суммой следующих слагаемых:

- усилия посадки запирающего элемента, равного произведению площади номинального диаметра на перепад давления и на сопротивление трению в уплотнении;
- усилия для преодоления сил трения в сальниковом уплотнении;
- усилия для преодоления поршневого эффекта, равного произведению площади шпинделя на номинальное давление (обычно учитывается при давлении, превышающем 7 МПа).

Выбор электрического привода для арматуры с вращением штока

При выборе электропривода следует исходить из характеристик крутящего момента арматуры. Учитывается крутящий момент начала открытия, промежуточного хода и закрытия.

Большинство неполноповоротной и некоторой многооборотной арматуры имеет характеристики крутящего момента, близкие к характеристике электромотора.

Электрический двигатель в многооборотном приводе имеет кривую крутящего момента, которая рассчитана по формуле, основанной на мощности и скорости двигателя. Крутящий момент пропорционален мощности, деленной на частоту вращения. Это указывает, что при низкой частоте вращения двигатель производит более высокий крутящий момент. Поэтому при запуске привода – при его самой медленной скорости – развивается самый высокий крутящий момент, как показано на рис. 72. Этот момент известен как пусковой. При полной

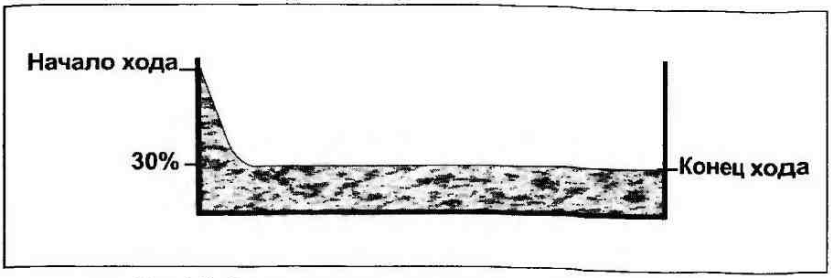

Рис. 72. Кривая крутящего момента электроприводов

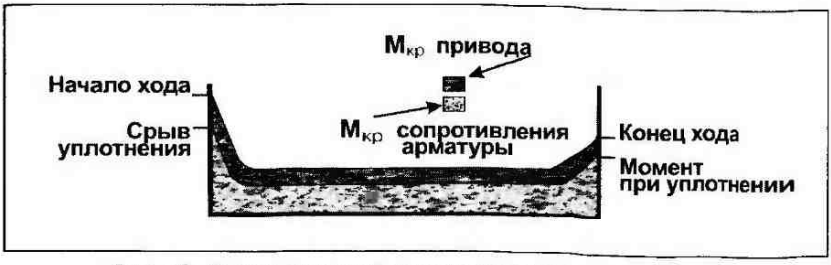

Рис. 73. Кривые крутящих моментов поворотных затворов и шаровых кранов с электроприводами

скорости привод развивает крутящий момент, который равен приблизительно 30% максимального.

Для шарового крана и дискового затвора это соответствует пусковому крутящему моменту привода. В конце хода, при уменьшении скорости привода, момент соответственно увеличивается, как показано на рис. 73.

Крутящий момент привода в середине хода должен превышать относительно высокий крутящий момент пробковых кранов, чтобы обеспечить необходимую долговечность.

Многооборотные приводы для арматуры вращательного действия

Если крутящий момент четвертьоборотной арматуры превышает крутящий момент соответствующего привода, обычно развивающего крутящий момент до 1700 Н·м, то приходится применять многооборотный привод с использованием четвертьоборотной коробки передач. При монтаже используется специальный фланцевый переходник для установки привода на редуктор. Коробка путевых выключателей, которая входит в комплект привода как часть системы управления, позволяет изменять установочное число оборотов.

Скорость поворота штока арматуры вращательного типа обычно выше, чем у задвижек или запорных клапанов.

Выводы

Электрические приводы – превосходные устройства для автоматизации арматуры, особенно, когда важны простота системы управления и многовариантность изделий. Однако выбору привода должно быть уделено специальное внимание, поскольку часто соблазнительно выбрать меньший, менее дорогой типоразмер, когда игнорируется требование к долговечности и надежности арматуры. Прямое компьютерное управление, небольшое число элементов системы, низкие затраты на техническое обслуживание и энергию, эффективность действия – преимущества электрического управления арматурой.

Глава 18

ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ПРИВОДЫ

Гидравлические приводы применяются, когда требуется очень высокий крутящий момент или управляющее усилие, чтобы использовать большую арматуру, или где применение пневматических и электрических приводов полностью исключено.

Существуют неполноповоротные, многооборотные и прямоходные модели основных четырех типов.

1. *Реечно-поршневой* – похожий на пневматический привод с одним или двумя цилиндрами. Он используется в основном для поворота на 90°, но имеет модификацию с поворотом на 180°.

2. *Привод с гидравлическим двигателем,* червячным или зубчатым редуктором, способный осуществлять неполноповоротное или многооборотное действие.

3. *Привод с поворотным поршнем,* осуществляющий четверть оборота, конструкция которого малогабаритна и компактна по сравнению с конструкцией приводов, развивающих подобный крутящий момент (рис. 74).

4. *Привод с поршнем и цилиндром,* осуществляющий линейное перемещение аналогично пневматическим приводам для управления задвижками, запорными и подобными клапанами.

Гидравлические приводы могут обеспечивать двойное действие или пружинный возврат подобно пневматическим приводам, а источником энергии служит обеспечивающий гидравлическое давление насос, который может быть расположен непосредственно на приводе или отдаленно, с давлением, передающимся через трубы.

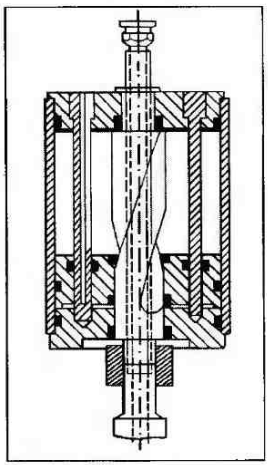

Рис. 74. Поршневой привод двустороннего действия с винтовым преобразованием движения

Крутящий момент зависит от гидравлического давления на входе в привод и может быть изменен в зависимости от давления источника энергии. Поэтому меньшие модели привода, работающие при более высоких давлениях, могут развивать крутящий момент больший, чем приводы больших размеров, работающие при более низких давлениях. Это дает намного большие возможности для выбора размера приводов, чем электрического или пневматического.

Усилия, развиваемые гидравлическими приводами, постоянны на всем ходе для конструкций двойного действия, но энергия теряется на сжатие пружин возврата. Гидравлические приводы имеют такие же свойства, как и другие типы приводов:

1) конец хода настраивается на полных 90° поворота;

2) имеются концевые выключатели для отключения привода и указания положений «открыто» и «закрыто»;

3) предусмотрено ручное управление непосредственно на арматуре;

4) имеется местный указатель положения плунжера;

5) установлен индикатор дистанционного положения.

Преимущества гидравлических приводов

1. Могут быть использованы достаточные усилия для управления большими размерами арматуры.

2. Гидравлическое давление может быть запасено для аварийного включения.

3. Несжимаемость жидкости может быть использована для фиксации положения шпинделя задвижек и при необходимости создания гидравлического замка.

4. Гидравлический привод чрезвычайно компактен и позволяет удобно и экономно обеспечить изоляцию для защиты от огня.

Недостатки гидравлических приводов

1. Отсутствие кинетической энергии не вызывает эффекта «молотка».

2. Затраты на производство гидравлической энергии относительно высоки.

3. Место падения давления в отдаленных трубопроводах трудно определить на расстоянии. Поэтому необходимо использование электрических датчиков.

4. Жидкость имеет относительно высокий коэффициент термического расширения, поэтому трубопроводы необходимо надежно изолировать на случай пожара, так как повышение давления при тепловом расширении может повредить привод, систему управления и собственно арматуру.

5. Жесткие допуски на механическую обработку снижают надежность гидравлической системы в случае пожара или повреждения внешнего трубопровода.

Выводы

Надежность гидравлических систем существенно зависит от качества обслуживания и гарантий того, что никакие посторонние примеси не попадают в гидравлическую жидкость, и весь трубопровод и компоненты защищены против огня. Тепловая защита, вероятно, более эффективно обеспечивается при использовании неполноповоротной арматуры из-за компактности установки. Применение гидравлической системы с возвратными пружинами обеспечивает наиболее надежную защиту в аварийных ситуациях. Устраняется проблема обеспечения адекватного запаса гидравлической энергии для одновременного действия множества арматуры и уменьшается риск отказов, вызванных высокой температурой в случае пожара.

Гидравлические приводы, чрезвычайно просты и водонепроницаемы и поэтому идеальны для использования в море и во влажных окружающих средах – например, в балластной и трюмной арматуре и арматуре, используемой на шельфе в морских нефтяных платформах.

Глава 19

ПРИВОДЫ ДЛЯ РЕГУЛИРУЮЩЕЙ АРМАТУРЫ

Пневматические приводы

Пневматические приводы – наиболее распространенный тип для управления регулирующими клапанами, но электрические, гидравлические и ручные приводы также применяются для этих целей. Приводы для регулирующих клапанов обычно называют исполнительными механизмами (ИМ).

Пневматические мембранные исполнительные механизмы с пружинами применяются гораздо чаще других из-за их простоты и надежности. Пневматические поршневые исполнительные механизмы обеспечивают позиционирующую способность с большим усилием на выходном штоке. Легко осуществляется адаптация как мембранных, так и поршневых исполнительных механизмов для управления неполноповоротной регулирующей арматурой.

Электрические и электрогидравлические исполнительные механизмы более сложны и дороги, чем пневматические. Они имеют преимущества там, где отсутствует сжатый воздух и низкие окружающие температуры могут замораживать воду, содержащуюся в пневматических линиях, или где необходимы необычно большие усилия на штоке.

Рассмотрим конструкции наиболее распространенных исполнительных механизмов.

1. Мембранные исполнительные механизмы (МИМ)

Управляются воздухом низкого давления с пульта управления или от позиционера. Их виды включают:

а) МИМ прямого действия – увеличение воздушного давления перемещает шток вниз. Их обозначают как «ВЗ» (воздух закрывает) или «НО» для нормально открытых клапанов (рис. 75);

б) МИМ обратного действия – увеличение воздушного давления перемещает шток вверх. Обозначение – «ВО» (воздух открывает) или «НЗ» для нормально закрытых клапанов (рис. 76);

в) МИМ прямого действия для неполноповоротной арматуры – увеличение воздушного давления перемещает шток вниз, сжимая пружину. Шток может закрывать или открывать арматуру в зависимости от ориентации рычага исполнительного механизма или арматуры (рис. 77).

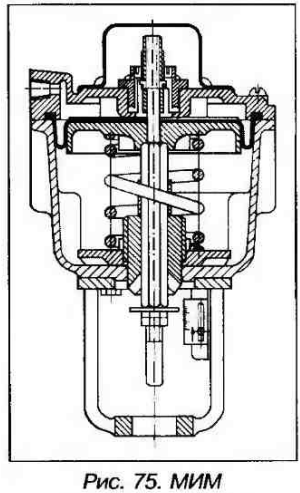

Рис. 75. МИМ с действием «НО»

Действующее усилие МИМ формируется из разницы между силой, образующейся

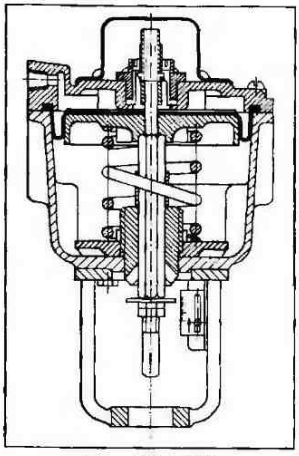

Рис. 76. МИМ с действием «НЗ»

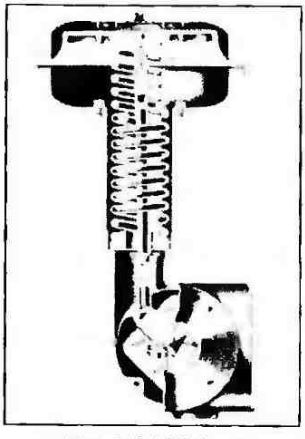

Рис. 77. МИМ для управления арматурой с вращательным перемещением вала

на мембране, и противодействующей силой сжатой пружины. Мембрана выполняется такой формы, чтобы обеспечить максимальный ход с диаметром, зависящим от необходимого усилия и управляющего давления воздуха. МИМы просты, надежны и сравнительно недороги.

2. Поршневые исполнительные механизмы (ПИМ)

ПИМ используют воздух высокого давления (до 1,0 МПа) и зачастую исключают потребность в регуляторе давления. Они обеспечивают максимальное усилие и легко изменяют направление, изменяя направление действия арматуры. Лучшие конструкции – ПИМ двойного действия, способные развивать максимальное усилие в обоих направлениях. В комплект управления могут быть включены различные приспособления для перемещения поршня в случае отказа системы подачи воздуха, например пружины возврата, комплектующую аппаратуру и блокировочные узлы.

Позиционеры используются для обеспечения регулирования и не применяются для выполнения функций «открыто» – «закрыто». Другие применяемые устройства – гидравлические демпферы, ручные дублеры, устройства для преобразования линейного перемещения во вращательное для шаровых кранов, дисковых затворов, заслонок и простого промышленного оборудования.

В нижней части цилиндров могут устанавливаться втулки с уплотнителем, позволяющие штоку перемещаться без утечки управляющей среды. Это дает возможность соединять шток привода непосредственно со шпинделем арматуры, что исключает потери в соединениях.

Гидравлические приводы

Они компактны, мощны и часто являются единственным способом получить большие усилия для управления арматурой. Используя двойные цилиндры, приводы сочетают высокую нагрузку с плавным движением. Так как очень немного предприятий имеют центральную гидравлическую станцию, для надежной работы необходимо устанавливать аккумулятор гидравлической энергии и применять электрогидравлические установки, иначе при аварийном исчезновении гидравлики положение штока арматуры останется неизменным.

Электрические исполнительные механизмы (ЭИМ)

Они часто применяются там, где кроме электрической не существует других источников энергии. ЭИМ легко изменяют положение штоков арматуры при удаленной от пунктов управления установке. При наружном расположении ЭИМ должны быть в атмосферостойком исполнении. В последнее время широкое распространение получило компьютерное управление арматурой. Но и в этих случаях должны быть предусмотрены обычные схемы управления для приведения в действие гидравлических приводов в аварийных ситуациях при отсутствии давления в гидравлических системах. Независимо от типа применяемых исполнительных механизмов должны быть предусмотрены ручные дублеры для настройки при пусковых работах и управления в аварийных ситуациях. Точность установки положения штока арматуры обычно обеспечивается применением устройств обратной связи. В этом случае может быть достигнута точность около 0,1% полного хода штока.

Ручные приводы

Они также используются на регулирующей арматуре, где необходимо хорошее управление, но автоматический контроль не требуется. Ручные приводы часто используются, например, чтобы привести в действие байпасную арматуру в обход основной. Они дешевле автоматических исполнительных механизмов.

Информация, требуемая для выбора исполнительного механизма

Клиент_____оборудование_____

Дата_____

Данные, которые необходимо указать при заказе:

1. Устройство_____Обозначение_____
2. Тип_____Размер_____Давление_____
3. Давление подается для_____Открытия/Закрытия
4. Шпиндель_____Выдвижной/Невыдв./вращат._____(Примечание 1)
5. Ход штока_____мм/ ° /Поворот _____(Примечание 2)
6. Вращение штока для закрытия_____По часовой/против часовой стрелки
7. Тип Двигателя_____Выдвигающийся шток/Площадь _____Фиксированный вал/Двойное действие
8. Размеры привода_____(Примечание 3)
9. Доступ к штоку_____Да/Нет
10. Требуется ли демпфер_____Да/Нет
11. Монтаж привода_____Прямой/Косвенный_____(Примечание 4)

Детали привода

Возможности поставки:

12. Комплект инструментов / инструкция по эксплуатации / стопор движения / индикатор положения.
13. Индикатор положения (гайка на штоке).

Требуемые минимальные значения параметров, чтобы использовать на арматуре:

14. Требуемое усилие: закрытия_____(Примечание 5)
15. Требуемый крутящий момент закрытия_____
16. Требуемое усилие открытия_____
17. Требуемый крутящий момент открытия _____

18. Угол открытия_____

19. Требуемое усилие промежуточного хода_____

20. Требуемый крутящий момент промежуточного хода_____

21. Дополнительные данные, включающие или нет требуемые условия безопасности согласно проектной спецификации_____

22. Максимально допустимое усилие_____

23. Максимально допустимый крутящий момент_____

24. Требуемое время хода_____ Открытие_____Макс. минут:

Закрытие_____Макс. минут:

25. Требуемое аварийное снабжение энергией_____

_____Открытие/Закрытие/Остановка

Управляющая среда_____

26. Характер среды _____

27. Максимум давления _____

28. Минимум давления _____

29. Регулировка _____

Специальные условия состояния окружающей среды

30. *См. примечание 6.*

Примечания

1. Для подъема вращающихся шпинделей арматуры устройство для получения необходимого усилия обеспечивается изготовителем арматуры. Изготовитель арматуры обычно предусматривает управляемый элемент скользящего соединения на шпинделе для соединения с ведущим элементом привода.

2. Если задается полное число оборотов шпинделя для совершения полного хода, то обычно нет необходимости в дополнительной информации. Если же требуется задать время совершения полного хода, то следует уведомить об этом изготовителя для получения рекомендаций в выборе привода. При необходимости обеспечения дополнительного хода шпинделя задвижек изготовитель должен укомплектовать привод необходимыми деталями.

3. Следует ограничивать участок хода шпинделя с индикацией положения, поскольку это способствует выбору привода меньших размеров.

4. Заявить любой применимый стандарт, которому должны соответствовать присоединительные размеры.

Если требуются дистанционная установка привода, метод соединения вала привода с арматурой (сверху, снизу, сбоку и т.д.) и тип установки (пол, опора, стенная скоба и т.д.), то эти требования необходимо сообщить изготовителю даже тогда, когда он не должен выполнять дополнительные поставки.

5. Во всех случаях применений поворотной регулирующей и, где возможно, другой арматуры заявки на использование гидравлических приводов должны быть снабжены кривыми характеристик крутящего момента. При отсутствии этих данных изготовитель должен представить кривые поставляемых приводов.

6. Характеристики окружающей среды (температура, вибрация,

коррозийная атмосфера, другие особенности эксплуатации) должны быть сообщены изготовителю приводов.

Определения

Компенсатор

Соединение между приводом и штоком неполноповоротной арматуры с мягким уплотнением, где давление среды, действующее на направляющую или уплотнительную втулку, может быть причиной нарушения центровки соединения.

Ход

Шаг резьбы – осевое расстояние перемещения гайкой или резьбой штока на одном витке. Ход равен шагу резьбы, умноженному на число оборотов шпинделя.

Недействующий угол уплотнения

Угол, на который поворачивается пробка при открытии перед началом пропуска рабочей среды.

Арматура больших размеров и арматура, используемая для необычно высоких давлений, требуют применения редукторов, чтобы облегчить управление. Редукторы с их установочными устройствами могут составлять часть арматуры или быть отдельным узлом, разработанным с целью установки на арматуру. Обычно они хранятся отдельно, подготовленными к монтажу на предусмотренном конструкцией арматуры месте установки. Такие устройства изготавливаются по разнообразным проектам и в широком диапазоне размеров, чтобы удовлетворить требования каждого типа арматуры.

Максимальная сила, прикладываемая к рычагу рычага или маховику коробки передач, должна быть не более 350 Н. На задвижках допускается усилие на маховике более 350 Н для срыва клина с уплотнения или создания дополнительного контактного давления при закрытии ударным воздействием. Слишком большие сопротивления во время вращения маховика – явный признак неисправности арматуры или привода из-за чрезмерных усилий.

Выбор привода для регулирующей арматуры

При выборе привода для регулирующей арматуры всегда необходимо исходить из самого плохого возможного случая, который мог бы возникнуть не только с закрытием клапана, но также и в промежуточных положениях. Привод с высокой мощностью обеспечивает плавное движение штока. Изменения баланса сил из-за изменений параметров потока, скоростные характеристики и уровни давлений могут привести привод незначительного размера в состояние беспорядочного движения штока. Это особенно относится к случаям, когда арматура близка к началу кавитации, где уменьшение площади проходного сечения создает изменение в состоянии жидкости, что может вызвать вибрацию и ускоренное изнашивание деталей.

Подбор привода должен обеспечить статическое равновесие действующих сил. Чтобы полностью удовлетворять требованиям системы, привод должен также обеспечить достаточное усилие для преодоления внутреннего трения, возникающего в сальниках и направляющих втулках при возрастании давления. Типичные силы трения в стандартных

25-миллиметровых клапанах составляют около 500 Н. Это – в дополнение к неуравновешенным силам, возникающим от действия переменного перепада давления при изменении площади проходного сечения.

Дополнительные усилия требуются также для создания контактных давлений, необходимых для обеспечения герметичности. Усилия для создания герметичного уплотнения зависят от площади уплотнительных поверхностей и уплотнительных материалов. Обычно для обеспечения герметичности в уплотнении металл по металлу должно быть приложено усилие 2 Н/см^2 уплотнительной поверхности.

Усилие на штоке привода всегда должно превышать силу, требуемую для перемещения шпинделя арматуры при всех эксплуатационных режимах. В приводах с возвратными пружинами силы, возникающие при сжатии пружин, также должны учитываться в расчетах.

Глава 20

МОНТАЖ АРМАТУРЫ И ПРИВОДОВ

Процедура установки как арматуры, так и приводов крайне важна для обеспечения долговечности и удовлетворительной работоспособности. Арматура должна храниться на сухих складах, в упаковке поставщика, в условиях, где повреждения исключены. Перед выполнением монтажа важно выполнить основные процедуры, описанные ниже.

1. Бережно распакуйте арматуру и приводы и проверьте сопроводительную документацию, гарантийные обязательства, правильность направления вращения маховика, принадлежностей, материалов, предусмотренных спецификацией и схемными решениями.

2. Прочитайте руководство по расконсервации и монтажу и любые специальные предупреждения или этикетки, приложенные к арматуре или приводу, и совершите соответствующие действия.

3. Проверьте арматуру и маркировку, указывающую направление потока, чтобы установить надлежащую ориентацию на трубопроводе.

4. Произведите внешний осмотр арматуры через патрубки и удостоверьтесь, что внутренние поверхности патрубков и арматуры чистые и свободны от транспортных распорок и коррозии. Удалите любые материалы, которые могут использоваться как упаковка внутри арматуры (типа деревянных блоков в задвижках, чтобы предотвратить движение диска в течение транспортировки, и защитной ленты на резьбе шпинделя).

5. Если возможно, выполните цикл закрытия и открытия вручную и обратите внимание на состояние и подгонку уплотнительных поверхностей. После такого осмотра, как правило, желательно оставить запирающий или регулирующий элемент в положении, в котором изделие транспортировалось.

6. Для арматуры с приводами следует выполнить дополнительные проверки:

а) проверьте данные на этикетке – заводскую маркировку привода, требования к электрическим, пневматическим или гидравлическим данным на соответствие рабочей схеме;

б) убедитесь, имеются ли какие-либо ограничения в ориентации, указанные на приводе или его принадлежностях;

в) проверьте, что комплектация привода соответствует предназначенному месту установки арматуры, т.е. что приводы, имеющие электрические компоненты, подходят для внутреннего, наружного или огнеопасного применения или опасных окружающих сред;

г) проверьте, что место установки позволяет вводить кабели или трубопроводы и что имеются условия для удаления консервирующих покрытий.

Монтаж резьбовых соединений арматуры

Для надежного соединения арматуры с трубопроводами необходимо совпадение внутренней и наружной резьбы с использованием мяг-

кого или вязкого материала для ее уплотнения. Если используются параллельные резьбовые патрубки, то должны применяться соответствующие уплотнения.

Чтобы гарантировать герметичность соединений, необходимо выполнить следующее:

1) проверить отсутствие загрязнений, песка или забоин на нитках резьбы;

2) обратить внимание на длину внутренней резьбы в арматуре и сравнивнить с длиной резьбы на трубе. Соблюдать осторожность относительно глубины ввинчивания трубы в арматуру;

3) удостовериться, что соединения соосны в месте сборки. Трубная резьба сужается для свободного входа, и не следует применять излишние усилия ввинчивания;

4) применить соответствующую уплотнительную ленту, кроме случаев, когда требуется сухая сборка;

5) сборку осуществлять с применением гаечного ключа для обеспечения герметичного соединения. Гаечный ключ удерживает патрубок арматуры в процессе сборки;

6) сборку с применением гаечного ключа повторить на другом патрубке арматуры.

Монтаж фланцевых патрубков арматуры

Герметичность фланцевых соединений зависит от деформации материала и уплотнительной способности прокладок, устанавливаемых между поверхностями фланцев. Механические усилия, требуемые, чтобы сохранить сжимающие напряжения на прокладке при увеличении давления, имеющего тенденцию ослабить соединение, нужно обеспечить затяжкой болтов. Чтобы получить длительную работоспособность, необходимо выполнить следующие мероприятия:

1) проверить правильность подгонки уплотнительных поверхностей фланцев арматуры и трубопровода для обеспечения полного контакта прокладки в месте монтажа;

2) проверить правильность длины и материала крепежа;

3) чугунные фланцы менее подвержены деформациям, чем фланцы из более податливых материалов. Тем не менее, рекомендуется использовать для фланцевых соединений менее жесткие фланцы. В этом случае обеспечивается хороший контакт прокладок со всей площадью уплотнительных поверхностей, а соединение более устойчиво к чрезмерной затяжке болтов;

4) проверить качество уплотнительных прокладок – правильный выбор материала и отсутствие повреждений;

5) обеспечить соосность собираемых фланцев и использовать подходящую смазку для резьбовых соединений. Соблюдать последовательность равномерной затяжки болтов, чтобы достичь первоначального контакта поверхностей фланцев и прокладок в замкнутых пространствах возможно достижимой параллельности, и производить постепенную затяжку болтов с необходимым крутящим моментом;

6) при монтаже арматуры между фланцами трубопроводов (ва-

фельного типа) проверить возможность поворота деталей между трубопроводами.

Монтаж арматуры под сварку

Все сварные соединения предназначены для создания комплектной системы трубопроводов и соответствующих элементов. Сварка обеспечивает структурное соответствие между трубопроводом и корпусом арматуры. Она не должна быть ослабляющим звеном системы. Толщина сварного шва не должна быть меньше толщины стенки трубопровода. Глубина проникновения в основной металл также должна быть, по крайней мере, такой же. Если при монтаже не соблюдена соосность, и сварка производится с превышением допустимой температуры, то происходит перекос, являющийся причиной повышенных напряжений и повреждения мягких уплотнительных деталей. Следует также предохранить арматуру от попадания брызг шлака, которые могут явиться помехой для работы арматуры.

Установка приводов

При установке приводов на арматуре необходимо обратить внимание на обеспечение правильного направления вращения. Подавляющее большинство арматуры требует вращения приводного вала в направлении по часовой стрелке от положения «Открыто» к положению «Закрыто». Следует отметить, что существует ряд конструкций неполноповоротной арматуры, требующей противоположного направления вращения. Особое внимание должно быть уделено монтажу приводов, демонтированных с другой арматуры и затем переоборудованных. При установке на другую арматуру путевые и моментные выключатели должны быть настроены заново.

Монтаж приводов на кронштейнах

Автоматизированный комплект арматуры построен из трех главных компонентов – арматуры, привода с редуктором и соединительных узлов для монтажа привода. Неправильный монтаж является причиной отказов узлов соединений, шпинделей, их уплотнений, подшипников и уплотнений приводов, негерметичности арматуры.

Кронштейны должны быть достаточно прочными, чтобы выдержать воздействие максимального крутящего момента или усилия привода. Конструкция кронштейна должна быть способна выдержать массу привода и его принадлежностей, предусматривать возможность установки с любой ориентацией, центровку присоединительных узлов и монтаж персоналом, не обладающим специальными навыками, без специальных инструментов и приспособлений.

Соединение должно быть способно работать при полном крутящем моменте или усилии, в том числе при их максимальных значениях, указанных в стандартах ISO. Величина зазоров в соединениях между выходным валом привода и штоком арматуры должна укладываться в рекомендуемые допуски для соединений арматуры и приводов.

Монтажные инструменты должны иметь подходящие антикоррозионные покрытия и быть удобными для повседневного обслуживания арматуры, подтяжки сальников, смазки пробок кранов, контроля гер-

метичности и т.п. Арматура и приспособления для ее обслуживания должны быть снабжены полным комплектом инструкций по эксплуатации. Инструменты и приспособления не должны быть деталями арматуры, работающими под давлением.

Важно, чтобы механическая обработка и сверление любых отверстий в двух сопрягающихся поверхностях выполнялись таким образом, чтобы не нарушить параллельность, а отверстия были соосными, чтобы не нарушать легкость перемещения деталей. Несоосность способствует появлению эксцентриситета и росту потерь от трения, повышающих крутящий момент.

Международные стандарты ISO 5210 и 5211 устанавливают присоединительные размеры для неполноповоротных и многооборотных приводов для арматуры. Рекомендуется, чтобы эти стандарты соблюдались, поскольку это обеспечивает взаимозаменяемость приводов на арматуре, облегчает ее обслуживание, замену и настройку.

Испытания и настройка арматуры и приводов

Для проверки функционирования арматуры с приводами необходимо выполнить ряд действий.

Арматуру и привод проверить хотя бы один раз выполнением полного цикла вручную или с использованием доступного источника энергии. Арматура с электроприводом не должна быть включена на полный ход до проверки правильности направления вращения, а конечные и моментные выключатели настроены согласно инструкции по эксплуатации. Если неисправности не будут обнаружены, то проверка с подачей давления может продолжаться для того, чтобы удостовериться, что герметичность и работоспособность обеспечены.

После этих проверок выполняется продувка системы азотом или паром для удаления окалины и грязи. Углубления и проточки в арматуре являются местом потенциального накопления загрязнений. Если их не удалить, то могут возникнуть повреждения уплотнительных поверхностей.

Поскольку проверки производились в нерабочих условиях, неисправности могут обнаружиться после запуска технологической схемы. В арматуре с электроприводами это связано с неправильной настройкой путевых и моментных выключателей.

Во время осмотра действующих линий важно убедиться в герметичности прокладок и уплотнительных колец, отсутствии протечек, а также в удовлетворительном состоянии кабельных вводов.

Компоновка и расположение арматуры

Арматуру нужно обеспечить подпорками, если она расположена на трубе. Она должна быть доступной для управления, регулирования, обслуживания и ремонта.

Предпочтительно, чтобы арматура монтировалась со шпинделем, установленным в вертикальном положении. Желательно, чтобы удаление одной единицы арматуры не вызывало необходимости демонтажа системы. Важная арматура должна позволять легкий демонтаж и перестановку при помощи вспомогательной арматуры в соответствующих местах. Для подъема арматуры должны использоваться обозначенные мес-

та захвата. Для транспортировки не должны использоваться маховики. Необходимо правильно устанавливать обратные клапаны. Клапаны, предназначенные для горизонтальной установки, не должны использоваться в вертикальном положении. Обратная арматура не должна устанавливаться на близком расстоянии от отводов, так как завихрения потока могут привести к их преждевременному износу.

Освобождение от излишнего давления нерабочих полостей

Арматура с двумя уплотнительными кольцами, установленная на жидкостных линиях или трубопроводах с нефтяным газом, в закрытом положении может запереть жидкость во впадине корпуса, когда находится в полностью открытом или полностью закрытом положении. Если арматура подвергнута серьезному нагреву, то тепловое расширение запертой жидкости или газа может поднять давление намного выше рабочего, поэтому необходимо предусматривать средства для выпуска излишней среды для снижения давления.

Глава 21

ОБСЛУЖИВАНИЕ АРМАТУРЫ И ПРИВОДОВ

Правильно подобранные по размерам и техническим характеристикам арматура и приводы имеют продолжительный срок службы. Однако, подобно любому механизму, они требуют, чтобы периодическое обслуживание гарантировало их безопасное и надежное функционирование.

Рекомендуется приобрести с арматурой комплект монтажных инструментов и приспособлений, а также запчастей из расчета на два года эксплуатации.

Запчасти и комплект инструментов для ввода в эксплуатацию

В заказ рекомендуется включать один комплект уплотнительных колец для арматуры и привода необходимых размеров на каждые десять комплектов арматуры. Запасные части могут понадобиться во время монтажа из-за повреждений, грязи и окалины в трубопроводах.

Запчасти, которые рекомендуется заказать для эксплуатации в течение двух лет

Они обычно состоят из более полного комплекта, включая уплотнительные кольца, сальники и крепеж. Рекомендуется заказать один комплект для каждых пяти единиц арматуры каждого размера.

Запасной диск, шпиндель, шар или уплотнение можно также рекомендовать для заказа в зависимости от числа арматуры каждого размера.

Запасные части для длительного хранения

Запасными частями для арматуры и приводов длительного хранения называют такие запчасти, которые в значительной степени зависят от модели арматуры и приводов и условий их эксплуатации. Серьезное внимание следует уделить закупке комплектов различной арматуры, приводов или даже смонтированных в одну сборку для случаев, когда потребуется срочная замена на новую арматуру. В этом случае работа может выполняться в комфортных условиях цеха без серьезного демонтажа другого оборудования.

Обычное обслуживание

Для того чтобы гарантировать эффективную работу арматуры и приводов, они должны запускаться по крайней мере один раз в месяц. Линейные и вращательные шпиндели должны быть свободными от грязи и ржавчины и смазываться в соответствии с указаниями инструкций по эксплуатации. Загустевшая смазка должна удаляться не реже, чем один раз в месяц или в соответствии с инструкциями изготовителя. Арматура с сальниковыми уплотнениями должна осматриваться чаще для определения утечек, подтяжки или замены (при необходимости).

Капитальный ремонт и обслуживание

При поломке арматуры или привода они должны быть заменены и, если срок гарантии не кончился, отправлены изготовителю для ремонта и оформления нового гарантийного срока. В случае прекращения действия гарантии неисправные устройства отправляются изготовителю, назначенному им дистрибьютору или на ремонтное предприятие, чтобы иметь гарантию, что при ремонте будут использованы подлинные заводские запасные части и что отремонтированная арматура или приводы будут исправлены и иметь гарантии в соответствии с документацией изготовителя.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1
Перечень международных стандартов по арматуре и приводам

Стандарты Международной организации по стандартизации (ISO)		
Разработка	Номер	Название
1	2	3
ISO	1106/1, 2504, R 947	Рентгеновский контроль соединений стальных труб, сваренных под флюсом
ISO	3452-1	Неразрушающий метод контроля. Часть 1. Испытания проникающей жидкостью
ISO	3452-2	Неразрушающий метод контроля. Часть 2. Испытания проникающими материалами
ISO	3452-3	Неразрушающий метод контроля. Часть 3. Ссылки на блок испытаний
ISO	3453	Неразрушающий метод контроля. Испытания проникающей жидкостью. Методы оценки
ISO	4986	Магнитографический контроль сталей
ISO	5208	Испытания промышленной арматуры давлением
ISO	5209	Арматура общепромышленная. Маркировка
ISO	5752	Арматура фланцевая. Строительные длины и габаритные размеры
ISO	6002	Задвижки стальные с болтовым соединением корпуса и крышки
ISO	7121	Шаровые краны стальные фланцевые
ISO	7349	Клапаны из термопласта. Присоединения
ISO	7508	Клапаны из высокопрочного поливинилхлорида (PVC-U) для напорных труб. Метрические серии
ISO	8233	Арматура из термопласта. Методы испытаний
ISO	8242	Арматура из полипропилена (PP) для напорных труб. Основные размеры в метрической системе
ISO	8402	Термины и определения
ISO	8659	Арматура из термопласта. Предел усталости. Методы испытаний
ISO	9000-1	Стандарты по обеспечению качества. Руководящие указания по применению
ISO	9000-2	Общие руководящие указания по применению ISO 9002 и ISO 9003
ISO	9000-3	Общие руководящие указания по применению ISO 9001
ISO	9000-4	Руководство по управлению программой надежности
ISO	9000-87	Модель для обеспечения качества при производстве и монтаже
ISO	9001-87	Модель для обеспечения качества при проектировании и разработке, производстве, монтаже и обслуживании
ISO	9002-87	Модель для обеспечения качества при производстве и монтаже

1	2	3
ISO	9003-87	Модель для обеспечения качества при окончательном контроле и испытаниях
ISO	9004-1	Элементы системы качества. Руководящие указания
ISO	9004-2	Управление качеством и обеспечение качества
ISO	9004-3	Руководящие указания по перерабатываемым материалам
ISO	9004-4	Руководящие указания по улучшению качества
ISO	9004-5	Руководящие указания по программе качества
ISO	9004-6	Руководство качеством при управлении проектом
ISO	9004-7	Руководящие указания по управлению конфигурацией
ISO	9004-8	Руководящие указания по административным принципам качества
ISO	9004-87	Общее руководство качеством и элементы системы качества
ISO	9393-1	Арматура из термопласта. Методы испытаний под давлением. Часть 1. Общие сведения
ISO	9393-2	Арматура из термопласта. Методы испытаний под давлением. Часть 2. Основные требования для клапанов из PE, PP, PVC-U, PVDF
ISO	10419	Техническое обслуживание бурильного, нефте- и газопрмыслового оборудования. Ремонт наземной и установленной под водой предохранительной арматуры шельфовых территорий
ISO	10423	Спецификации на арматуру, устьевое, нефтепромысловое и бурильное оборудование для нефтяной и газовой промышленности
ISO	10432	Клапаны предохранительные для подземной установки в системах безопасности устьевого оборудоваеия
ISO	10433	Спецификации на предохранительную арматуру бурильного и промыслового оборудования нефтяной и газовой промышленности, устанавливаемую над поверхностью земли или под водой в шельфовых зонах
ISO	10434	Задвижки стальные с крышками на болтах для нефтяной и газовой промышленности
ISO	10497	Испытания арматуры на пожаростойкость
ISO	10631	Затворы дисковые металлические общепромышленного назначения
ISO/FDIS	10931-4	Трубопроводы пластмассовые промышленного применения из PVDF. Часть 4. Арматура
ISO/FDIS	10933	Арматура из полиэтилена (PE) для систем распределения газа
ISO/FDIS	12092	Фитинги, арматура и другие трубные элементы из высокопрочного поливинилхлорида (PVC-U) для напорных труб. Устойчивость к внутреннему давлению, методы испытаний

1	2	3
ISO	12149	Клапаны запорные стальные с болтовым соединение корпуса и крышки общепромышленного назначения
ISO	14313	Арматура для трубопроводных транспортных систем
ISO	14373	Трубопроводы. Арматура трубопроводная
ISO	14723	Арматура для подводных транспортных систем
ISO	15761	Задвижки, клапаны запорные и обратные стальные DN 100 и менее
Стандарты EN Европейского комитета по сертификации (CEN), Европейского комитета по электротехническим нормам (CENELEC), Комитета по электронным элементам (CECC-CENELEC)		
EN	19	Арматура общепромышленная. Маркировка
EN	161	Клапаны автоматические отсечные для газовых горелок и газа
EN	161/A1	Клапаны автоматические отсечные для газовых горелок и газа, дополнение A1
EN	161/A2	Клапаны автоматические отсечные для газовых горелок и газа, дополнение A2
EN	558-1	Арматура металлическая фланцевая. Строительные длины и высота. Часть 1. Арматура, работающая под давлением.
EN	558-2	Арматура металлическая фланцевая. Строительные длины и высота. Часть 2. – Арматура, отличающаяся по классу давления
EN	593	Затворы поворотные из металлов
EN	736-1	Терминология. Часть 1. Определение видов арматуры
EN	736-2	Терминология. Часть 2. Определение компонентов арматуры
EN	736-3	Терминология. Часть 3. Определение пределов применения
EN	1074-1	Арматура для водоснабжения. Часть 1. Общие требования
EN	1074-2	Арматура для водоснабжения. Часть 2. Отключающая арматура
EN	1074-3	Арматура для водоснабжения. Часть 3. Обратная арматура
EN	1074-4	Арматура для водоснабжения. Часть 4. Воздушные клапаны
EN	1074-5	Арматура для водоснабжения. Часть 5. Регулирующая арматура
EN	1074-6	Арматура для водоснабжения. Часть 6. Гидранты
EN	1092-1	Фланцы и их соединения. Часть 1. Стальные фланцы
EN	1092-2	Фланцы и их соединения. Часть 2. Чугунные фланцы
EN	1092-3	Фланцы и их соединения. Часть 3. Фланцы из медных сплавов

1	2	3
EN	1171	Задвижки чугунные
EN	1267	Компоненты трубопроводов. Определение гидравлического сопротивления
EN	1333	Компоненты трубопроводов. Определение и выбор по давлению
EN	1349	Арматура регулирующая для технологических нужд
EN	1503-1	Материалы корпусов Часть 1. EN стали
EN	1503-2	Материалы корпусов. Часть 2. Неевропейские марки сталей
EN	1503-3	Материалы. Часть 3. Чугун
EN	1503-4	Материалы. Часть 4. Медные сплавы
EN	1759-1	Фланцы и их соединения. Часть 1. Стальные фланцы по классам давления
EN	1759-3	Фланцы и их соединения. Часть 3. Фланцы из медных сплавов по классам давления
EN	1983	Краны шаровые стальные
EN	1984	Задвижки стальные
EN ISO	4126-1	Устройства предохранительные для защиты от избыточного давления. Часть 1. Клапаны предохранительные
EN ISO	4126-2	Устройства предохранительные для защиты от избыточного давления. Часть 2. Устройства с разрывными мембранами
EN ISO	4126-3	Устройства предохранительные для защиты от избыточного давления. Часть 3. Комбинация предохранительных клапанов с разрывными мембранами
EN ISO	4126-4	Устройства предохранительные для защиты от избыточного давления. Часть 4. Клапаны предохранительные непрямого действия
EN ISO	4126-5	Предохранительные устройства для защиты от избыточного давления. Часть 5. Клапаны предохранительные регулируемые пропорционального действия
EN ISO	4126-6	Устройства предохранительные для защиты от избыточного давления. Часть 6. Применение, выбор и установка предохранительных устройств с разрывными мембранами
EN ISO	4126-7	Устройства предохранительные для защиты от избыточного давления. Часть 7. Общие технические требования
EN ISO	5210	Приводы для арматуры многооборотные
EN ISO	6780	Компоненты трубные. Определение и выбор DN
EN ISO	10497	Испытания арматуры на огнестойкость
EN ISO	12116	Приводы неполноповоротные для арматуры
EN	12266-1	Испытание арматуры. Часть 1. Методы испытаний и критерии приемки
EN	12266-2	Испытания арматуры. Часть 2. Методы испытаний и критерии приемки. Дополнительные испытания

1	2	3
EN	12288	Задвижки из медных сплавов
EN	12304	Краны конусные стальные
EN	12328	Клапаны обратные из медных сплавов
EN	12334	Клапаны обратные чугунные
EN	12335	Краны конусные чугунные
EN	12351	Колпаки защитные для арматуры с фланцами
EN	12360	Клапаны запорные из медных сплавов
EN	12516-1	Расчетная прочность корпуса. Часть 1. Табличный метод для стальной арматуры
EN	12516-2	Расчетная прочность корпуса. Часть 2. Расчетный метод для стальной арматуры
EN	12516-3	Расчетная прочность корпуса. Часть 3. Экспериментальный метод
EN	12567	Арматура для жидких природных газов. Технические требования
EN	12569	Арматура промышленная для химии и нефтехимии. Технические требования и испытания
EN	12570	Допустимые усилия для ручного управления арматурой
EN	12627	Патрубки под сварку встык
EN	12670	Арматура стальная. Присоединения муфтовые
EN	12982	Арматура с патрубками под сварку встык. Строительные длины
EN	13340	Оборудование, работающее под давлением. Предохранительные устройства. Терминология
EN	13397	Арматура мембранная
EN	13547	Краны шаровые из медных сплавов
EN	13709	Клапаны запорные стальные
EN	13762	Арматура, как вспомогательное оборудование, работающее под давлением. Технические требования и испытания
EN	13774	Арматура для систем распределения газа. Требования к исполнению
EN ISO	16135	Краны шаровые пластмассовые
EN ISO	16136	Затворы поворотные пластмассовые
EN ISO	16137	Клапаны обратные пластмассовые
EN ISO	16138	Арматура пластмассовая мембранная
Межгосударственные стандарты (ГОСТ)		
ГОСТ	356	Арматура и детали трубопроводов. Давления условные, пробные и рабочие. Ряды
ГОСТ	466	Арматура трубопроводная. Маркировка и отличительная окраска
ГОСТ	3326	Клапаны запорные, клапаны и затворы обратные. Строительные длины
ГОСТ	3706	Задвижки. Строительные длины
ГОСТ	5260	Маховики чугунные для трубопроводной арматуры. Типы, основные размеры и технические требования

1	2	3
ГОСТ	5761	Клапаны (вентили) на условное давление $p_y \leq 25$ МПа. Общие технические условия
ГОСТ	5762	Задвижки на условное давление $p_y \leq 25$ МПа. Общие технические условия
ГОСТ	9544	Арматура трубопроводная запорная. Нормы герметичности затворов
ГОСТ	9697	Клапаны запорные. Основные параметры
ГОСТ	9698	Задвижки. Основные параметры
ГОСТ	9702	Краны конусные и шаровые. Основные параметры
ГОСТ	9789	Клапаны предохранительные пружинные, полноподъемные фланцевые стальные на p_y 1,6 и 4,0 МПа. Технические условия
ГОСТ	11823	Клапаны обратные на номинальное давление PN 25 МПа. Общие технические условия
ГОСТ	12521	Затворы дисковые. Основные параметры
ГОСТ	12532	Клапаны предохранительные прямого действия. Основные параметры
ГОСТ	12547	Указатели уровня с запорным устройством. Типы и параметры
ГОСТ	12678	Регуляторы давления прямого действия. Основные параметры
ГОСТ	12815	Фланцы арматуры, соединительных частей и трубопроводов на p_y от 0,1 до 20,0 МПа. Типы. Присоединительные размеры и размеры уплотнительных поверхностей
ГОСТ	12816	Фланцы арматуры, соединительных частей и трубопроводов на p_y от 0,1 до 20,0 МПа. Общие технические требования
ГОСТ	12817	Фланцы литые из серого чугуна на p_y от 0,1 до 1,6 МПа. Конструкция и размеры
ГОСТ	12818	Фланцы литые из ковкого чугуна на p_y от 1,6 до 4,0 МПа. Конструкция и размеры
ГОСТ	12819	Фланцы литые стальные на p_y от 1,6 до 20,0 МПа. Конструкция и размеры
ГОСТ	12820	Фланцы стальные плоские приварные на p_y от 0,1 до 2,5 МПа. Конструкция и размеры
ГОСТ	12821	Фланцы стальные приварные встык на p_y от 0,1 до 20,0 МПа. Конструкция и размеры
ГОСТ	12822	Фланцы стальные свободные на приварном кольце на p_y от 0,1 до 2,5 МПа. Конструкция и размеры
ГОСТ	12893	Клапаны регулирующие односедельные, двухседельные и клеточные. Общие технические условия
ГОСТ	13252	Затворы обратные на номинальное давление p 25 МПа. Общие технические условия.
ГОСТ	13547	Затворы поворотные дисковые на p_y до 1,6 МПа. Общие технические условия
ГОСТ	14187	Краны конусные. Строительные длины
ГОСТ	16587	Клапаны предохранительные, регулирующие и регуляторы давления. Строительные длины
ГОСТ	21345	Краны конусные, шаровые и цилиндрические на p_y 16 МПа. Общие технические требования.

1	2	3
ГОСТ	21805	Регуляторы давления для сжиженных углеводородных газов на давление до 1,6 МПа. Общие технические условия
ГОСТ	22223	Устройства запорные для манометров. Основные параметры
ГОСТ	22309	Арматура трубопроводная. Электроприводы. Основные параметры
ГОСТ	22413	Арматура трубопроводная с электромагнитным приводом. Основные параметры
ГОСТ	22445	Затворы обратные. Основные параметры
ГОСТ	22512	Фланцы с шипом и пазом стальные на p_y до 6,4 МПа и D_y до 300 мм. Присоединительные размеры
ГОСТ	22642	Арматура трубопроводная шланговая. Основные параметры
ГОСТ	22643	Арматура из пластмасс. Основные параметры
ГОСТ	23866	Клапаны регулирующие односедельные, двухседельные и клеточные. Основные параметры
ГОСТ	24856	Арматура трубопроводная промышленная. Термины и определения
ГОСТ	24990	Арматура трубопроводная с защитным покрытием. Основные параметры
ГОСТ	25923	Затворы дисковые регулирующие. Основные параметры.
ГОСТ	26304Э	Арматура промышленная трубопроводная для экспорта. Общие технические условия
ГОСТ	27477	Клапаны обратные. Основные параметры
ГОСТ	27581	Арматура стеклянная. Основные параметры
ГОСТ	28908	Краны шаровые и затворы дисковые. Строительные длины
ГОСТ	28343 (ИСО 7121-86)	Краны шаровые стальные фланцевые. Строительные длины
Стандарты Британского института стандартов (BS)		
BS	10	Фланцы и болтовые соединения для труб, арматуры и фитингов (чугунные, стальные и из сплавов)
BS EN	215-1	Клапаны термостатические
BS	341 -1	Арматура для передвижных газовых цистерн
BS	148-1	Металлы – испытания на удар (V-образная и U-образная канавки)
BS	759 -1	Арматура, манометры и другие предохранительные устройства для котлов – арматура и фитинги
BS	1010 -2	Спускные краны и надземные запорные клапаны (резьбовые) для систем водоснабжения
BS	1123 -1	Арматура предохранительная. Манометры и предохранители для сжатого воздуха инерционных газовых установок. Монтаж
BS	1212 – 1	Арматура дросселирующая поршневая с корпусом из медных сплавов
BS	1212 – 2	Арматура дросселирующая мембранная с корпусом из медных сплавов

1	2	3
BS	1212 – 3	Арматура дросселирующая мембранная с пластмассовым корпусом для холодного водоснабжения
BS	1212 – 4	Арматура дросселирующая малогабаритная для сливных бачков
BS	1414	Задвижки клиновые и двухдисковые стальные для нефтяной, нефтехимической и других отраслей
BS	1415 – 1	Арматура смесительная. Не термостатические и не компенсационные клапаны
BS	1415 – 2	Арматура смесительная. Термостатические клапаны
BS	1552	Краны регулирующие пробковые для газов низкого давления
BS	1655	Клапаны регулирующие фланцевые автоматические для управления технологическими процессами
BS	1806	Кольца уплотнительные тороидальные уплотнительные. Размеры
BS	1832	Прокладки маслостойкие прессованные из асбестовой пряжи
BS	1868	Клапаны обратные стальные для нефтяной, нефтехимической и аналогичных отраслей
BS	1873	Клапаны запорные и обратные стальные для нефтяной, нефтехимической и других отраслей
BS	2580	Краны пробковые для подземных установок холодного водоснабжения
BS	2767	Арматура и аксессуары для горячего водоснабжения
BS	2815:	Прокладки прессованные из асбестовой пряжи
BS	2879	Краны дренажные резьбовые
BS	3063	Прокладки для фланцев труб. Размеры
BS	3293	Фланцы стальные больше 24 дюймов (для нефтяной промышленности)
BS	3381	Прокладки металлические спиральнонавитые для фланцев
BS	4062 -1	Методы определения перепада давления и расходных характеристик
BS	4062 -2	Методы определения эксплуатационных характеристик
BS	4371	Уплотнения сальниковые. Тканевые уплотнения
BS	4504 –3 – 3.1	Фланцы стальные круглые для труб, арматуры и фитингов, определенные по классу
BS	4504 –3 – 3.2	Фланцы чугунные
BS	4504 –3 – 3.3	Фланцы из сплавов и композиционных материалов
BS	4518	Кольца уплотнительные тороидальные. Размеры в метрической системе
BS	5041 -I -3 -4 -5	Гидранты пожарные
BS	5150	Задвижки клиновые и двухдисковые чугунные общепромышленного назначения
BS	5151	Задвижки параллельные чугунные общепромышленного назначения
BS	5152	Клапаны запорные и обратные чугунные общепромышленного назначения

1	2	3
BS	5153	Клапаны обратные чугунные общепромышленного назначения
BS	5154 – 1	Задвижки клиновые и двухдисковые из медных сплавов общепромышленного назначения
BS	5154 – 2	Задвижки параллельные из медных сплавов, общепромышленного назначения
BS	5154 – 3	Клапаны запорные и обратные из медных сплавов общепромышленного назначения
BS	5155	Затворы дисковые поворотные из чугуна и углеродистой стали, общепромышленного назначения
BS	5156	Арматура мембранная общепромышленного назначения с резьбовыми патрубками
BS	5157	Задвижки параллельные стальные общепромышленного назначения
BS	5158	Краны пробковые чугунные и из углеродистой стали общепромышленного назначения
BS	5159	Краны шаровые чугунные и из углеродистой стали общепромышленного назначения
BS	5160	Клапаны невозвратно-запорные, клапаны обратные стальные общепромышленного назначения
BS	5163	Задвижки клиновые и двухдисковые чугунные и затворы для водопроводов
BS	5304	Практическое руководство по безопасности в машиностроении
BS	5351	Краны шаровые стальные для нефтяной, нефтехимической и аналогичных отраслей промышленности
BS	5352	Клапаны обратные стальные малых проходов для нефтяной, нефтехимической и аналогичных отраслей промышленности
BS	5352	Задвижки клиновые и двухдисковые стальные малых проходов для нефтяной, нефтехимической и других отраслей промышленности
BS	5352	Клапаны запорные и обратные стальные с малыми проходами для нефтяной, нефтехимической и других отраслей промышленности
BS	5353	Краны пробковые стальные
BS BS	5412 5413	Краны спускные с металлическими и пластмассовыми корпусами для систем водоснабжения. Эксплуатационные характеристики
BS	5433	Клапаны запорные подземные для водоснабжения
BS	5494	Краны газовые для бытовых и общественных нужд
BS	5793 – 1	Арматура регулирующая. Часть 1 Технические условия, терминология
BS	5793 – 2	Арматура регулирующая. Часть 2. Пропускная способность
BS	5793 – 3	Арматура регулирующая. Часть 3. Габаритные размеры
BS	5793 – 4	Арматура регулирующая. Часть 4. Контроль и заводские испытания

1	2	3
BS	5793 – 5	Арматура регулирующая. Часть 5. Маркировка
BS	5793 – 6	Арматура регулирующая. Часть 6. Монтажные детали для присоединения позиционеров
BS	5793 – 8	Арматура регулирующая. Часть 8. Лабораторный метод измерения шума
BS	5840 -1	Присоединения арматуры под привод. Размеры ответных фланцев и характеристики
BS	5840 -2	Детали присоединительные для приводов
BS	5963	Клапаны отсечные автоматические газовые с электроприводом
BS	6023	Термины технические. Словарь
BS	6281 –1 -3	Устройства без движущихся частей для предотвращения загрязнения воды обратным потоком
BS	6282 -1-4	Устройства для предотвращения загрязнения воды обратным потоком. Клапаны обратные и антивакуумные
BS	6283 –1-4	Предохранительные устройства для горячего водоснабжения. Клапаны расширительные, предохранительные и редукционные
BS	6331 -1-3	Приспособления монтажные для гидравлических цилиндров двойного действия с одним штоком. Размеры
BS	6364	Арматура для низких температур
BS	6675	Клапаны сервисные из медных сплавов для водных систем
BS	6755 -1	Испытания арматуры давлением
BS	6755 -2	Испытания арматуры на пожаростойкость
BS	6759 – 1	Арматура предохранительная. Клапаны предохранительные для пара и горячей воды
BS	6759 – 2	Арматура предохранительная. Клапаны предохранительные для сжатого воздуха и инертных газов
BS	6759 – 3	Арматура предохранительная. Предохранительная арматура для технологических сред
BS	6956 –1, 5, 6	Прокладки металлические гребенчатые
BS	7438	Клапаны обратные из стали и медных сплавов, бесфланцевые (вафельного типа)
BS EN	26553	Конденсатоотводчики автоматические. Маркировка
BS EN	26554	Конденсатоотводчики автоматические. Габаритные размеры
BS.EN	26704	Конденсатоотводчики автоматические. Классификация
BS EN	26948	Конденсатоотводчики автоматические. Заводские и эксплуатационные испытания
BS EN	27841	Конденсатоотводчики автоматические. Определение потерь пара
BS EN	27842	Конденсатоотводчики автоматические. Определение пропускной способности

1	2	3
		Стандарты Немецкого института стандартов (DIN)
DIN EN	19	Маркировка арматуры общепромышленного назначения
DIN EN	593	Арматура промышленная, затворы дисковые общего назначения
DIN EN	736-1	Арматура, терминология, определение типов арматуры
DIN EN	982	Безопасность машин и оборудования – требования безопасности для гидравлических энергосистем и их компонентов – гидравлика
DIN EN	1092-2	Фланцы и их присоединения. Круглые фланцы для труб, арматуры, фитингов и аксессуары. Часть 2. Чугунные фланцы
DIN EN	1171	Задвижки чугунные
DIN EN	1268-7	Устройства предохранительные для защиты от избыточного давления. Часть 7, общие сведения
DIN EN	1268-1	Устройства предохранительные для защиты от избыточного давления. Часть 1. Предохранительная арматура
DIN EN	1489	Арматура для строительства. Предохранительная арматура – характеристики и испытания
DIN EN	1514-1	Фланцы и их присоединения. Размеры уплотнительных прокладок для фланцев на определенные давления. Часть 1: Прокладки неметаллические плоские уплотнительные с или без вкладышей
DIN EN	1514-2	Фланцы и их присоединения. Размеры уплотнительных прокладок для фланцев на определенные давления. Часть 2: Прокладки уплотнительные спиральнонавитые для стальных фланцев
DIN EN	1514-3	Фланцы и их присоединения. Размеры уплотнительных прокладок для фланцев на определенные давления. Часть 3: Прокладки неметаллические уплотнительные из фторопласта (PTFE)
DIN EN	1514-4	Фланцы и их присоединения. Размеры уплотнительных прокладок для фланцев на определенные давления. Часть 4: Прокладки плоские гофрированные или металлические с пазами и металлические, наполненные уплотнительные для стальных фланцев
DIN EN	1531	Клапаны отсечные автоматические для газовых горелок и газа
DIN	2500	Фланцы. Общие сведения
DIN	2501—1	Фланцы. Присоединительные размеры
DIN	2512	Фланцы. Выступы и пазы PN 10–160. Размеры, кольца
DIN	2513	Фланцы. Выступы и пазы PN 10–100. Размеры
DIN	2514	Фланцы. Выступы и пазы PN 10–40. Размеры
DIN	2519	Фланцы стальные. ТУ на поставку
DIN	2526	Фланцы. Типы присоединительных поверхностей
DIN	2528	Фланцы стальные. ТУ на поставку
DIN	2543	Фланцы стальные литые PN 16
DIN	2544	Фланцы стальные литые PN 25
DIN	2545	Фланцы стальные литые PN 25

1	2	3
DIN	2546	Фланцы стальные литые PN 64
DIN	2547	Фланцы стальные литые PN 100
DIN	2548	Фланцы стальные литые PN 160
DIN	2549	Фланцы стальные литые PN 250
DIN	2550	Фланцы стальные литые PN 320
DIN	2551	Фланцы стальные литые PN 400
DIN	2558	Фланцы овальные с осевым резьбовым отверстием и плоской поверхностью PN 6
DIN	2561	Фланцы овальные с осевым резьбовым отверстием и плоской поверхностью PN 10–16
DIN	2566	Фланцы овальные с осевым отверстием и плоской поверхностью PN 10–16
DIN	2573	Фланцы плоские под пайку и сварку PN 6
DIN	2576	Фланцы плоские под пайку и сварку PN 10
DIN	2627	Фланцы с приваренными патрубками PN 400
DIN	2628	Фланцы с приваренными патрубками PN 250
DIN	2629	Фланцы с приваренными патрубками PN 320
DIN	2630	Фланцы с приваренными патрубками PN 1 и 2,5
DIN	2631	Фланцы с приваренными патрубками PN 6
DIN	2632	Фланцы с приваренными патрубками PN 10
DIN	2633	Фланцы с приваренными патрубками PN 16
DIN	2634	Фланцы с приваренными патрубками PN 25
DIN	2635	Фланцы с приваренным патрубком PN 40
DIN	2636	Фланцы с приваренными патрубками PN 64
DIN	2637	Фланцы с приваренными патрубками PN 100
DIN	2638	Фланцы с приваренными патрубками PN 160
DIN	2641	Фланцы притертые с приваренными патрубками и плоскими поверхностями PN 6
DIN	2642	Фланцы свободные и сварные с буртом и плоскими поверхностями PN 10
DIN	2655	Фланцы притертые с плоскими поверхностями PN 25
DIN	2656	Фланцы притертые с плоскими поверхностями PN 40
DIN	2673	Фланцы свободные со сварными патрубками PN 10
DIN	2693	Кольца уплотнительные для фланцев с канавкой PN 10-40
DIN	2696	Прокладки и уплотнения двояковыпуклые для фланцевых соединений PN 64–400
DIN	2697	Кольца уплотнительные с канавками и уплотнения для фланцевых соединений PN 64–400
DIN	3223	Клинья для задвижек
DIN	3230-6	Арматура для воспламеняющихся жидкостей. Технические требования и методы испытаний
DIN	3230	Арматура для газа и для установки на газопроводы. Технические требования и испытания
DIN	3239-1	Патрубки арматуры под сварку
DIN	3320	Предохранительная арматура. Предохранительные клапаны, определения, размеры, маркировка

1	2	3
DIN	3339	Арматура. Материалы корпуса
DIN	3352-13	Задвижки чугунные муфтовые с седлами, уплотненными эластомерами и с не выдвижным шпинделем
DIN	3437	Клапаны запорные для газа на PN свыше 1,6 МПа, требования и приемочные испытания
DIN	3441-1	Арматура из пластичного поливинилхлорида (PVC-U), требования и испытания
DIN	3441-2	Арматура из пластичного поливинилхлорида (PVC-U), шаровые краны, размеры
DIN	3441-3	Арматура из пластичного поливинилхлорида (PVC-U), мембранная арматура, размеры
DIN	3441-4	Арматура из жесткого поливинилхлорида (PVC-U), клапаны с наклонным седлом
DIN	3352-1	Задвижки. Общие сведения
DIN	3352-2	Задвижки чугунные с металлическим седлом и с невыдвижным шпинделем
DIN	3352-3	Задвижки чугунные с металлическим седлом и с выдвижным шпинделем
DIN	3352-4	Задвижки чугунные с уплотненными эластомерами седлами и с невыдвижным шпинделем
DIN	3352-5	Задвижки стальные. Изоморфные серии
DIN	3352-6	Задвижки стальные из нелегированных и низколегированных сталей с невыдвижным шпинделем
DIN	3352-7	Задвижки стальные для низких температур с выдвижным шпинделем
DIN	3352-9	Задвижки из огнеупорных сталей
DIN	3352-10	Задвижки из нержавеющих сталей
DIN	3352-11	Задвижки фланцевые из медных сплавов
DIN	3352-12	Задвижки фланцевые из медных сплавов с муфтовыми патрубками
DIN	3354-5	Затворы дисковые поворотные концентрические, герметичные, дроссельные, отсечные с уплотнением в седле из мягких материалов, вафельного или фланцевого типа
DIN	3356-1	Краны шаровые. Общие сведения
DIN	3356-2	Краны шаровые чугунные
DIN	3356-3	Краны шаровые из нелегированных сталей
DIN	3356-4	Краны шаровые стальные для высоких температур
DIN	3356-5	Краны шаровые из нержавеющих сталей
DIN	3359	Клапаны мембранные металлические
DIN	3481	Арматура для сжатого воздуха с муфтами и цапками с внутренним диаметром 42 мм
DIN	3502	Арматура запорная для питьевой воды. Краны шаровые с наклонной крышкой на PN 10
DIN	3509	Арматура для водоснабжения. Краны водопроводные на PN 10, размеры
DIN	3512	Запорная арматура для питьевой воды. Краны шаровые с вертикальной крышкой на PN 10

1	2	3
DIN	3537-1	Запорная арматура для газа на давление до 0,4 МПа, требования и приемочные испытания
DIN	3546-1	Запорная арматура для использования в системах водоснабжения питьевой водой, требования и испытания
DIN	3547-1	Запорная арматура для воды на PN от 0,4 до 0,6 МПа. Требования и приемочные испытания
DIN	3547-1	Клапаны отсечные для газа и воды на PN от 0,4 до 0,6 МПа. Требования и приемочные испытания
DIN	3840	Корпуса арматуры. Расчет нагрузок от внутреннего давления
DIN	4817-1	Клапаны отсечные для сжиженных газов. Определения, требования, испытания, маркировка
DIN EN ISO	5210	Арматура промышленная Присоединения многооборотных приводов арматуры (ISO 5210)
DIN ISO	5211-1	Присоединение приводов неполноповоротных. Часть 1. Размеры фланцев
DIN ISO	5211-2	Присоединение приводов неполноповоротных. Часть 2. Характеристики фланцев и соединительных муфт
DIN ISO	6553	Конденсатоотводчики автоматические. Маркировка
DIN EN	25800	Краны шаровые из медных сплавов
DIN EN	25804	Задвижки из медных сплавов
DIN EN	25809-1	Арматура промышленная. Часть 1. Технические требования
DIN EN	26704	Конденсатоотводчики автоматические. Классификация (ISO 6704)
DIN EN	26948	Конденсатоотводчики автоматические. Изготовление и эксплуатационные испытания (ISO 6948)
DIN	28117	Фланцы свободные PN 10–40
DIN	28122	Фланцы плоские наплавленные нержавеющей сталью DN 125—500, PN 10–40
DIN EN	28233	Арматура из термопластов. Крутящие моменты, методы испытания (ISO 8233)
DIN EN	86501	Клапаны отсечные с крышкой на болтах и патрубками под приварку из пушечной стали. Типы присоединения к трубопроводам
DIN EN	86720	Задвижки клиновые из бронзы с крышкой на болтах и фланцами DN 20–200, PN 1,6 МПа
Стандарты Американского национального института стандартов (ANSI)		
ANSI/ ASME	B 16.10 B 16.10	Арматура, габаритные размеры и строительные длины
ANSI/ ASME	B 16.34 B 16.34	Арматура с фланцами, патрубками резьбовыми и под приварку
ANSI	Z 21.22	Клапаны отсечные и сбросные. Автоматические газовые устройства для систем водоснабжения горячей водой
ANSI	Z 21.22a	Клапаны отсечные и сбросные. Автоматические газовые устройства для систем водоснабжения горячей водой; приложения
ANSI	Z 21.70	Системы автоматические газовые отсечные, срабатывающие при землетрясении

1	2	3
ANSI/ AWWA	C 550-01	Покрытия защитные для арматуры и гидрантов
Стандарты Американского института нефти (API)		
API	6A	Оборудование устьевое и фонтанное
API	6FA	Испытания арматуры на пожаростойкость
API	6D	Трубопроводная арматура Защитные колпаки для торцов, соединительные детали и шарнирные соединения
API-RP	14E	Системы трубопроводов шельфовых производственных платформ. Рекомендуемый порядок проведения работ по проектированию и монтажу
API	570	Управление опасными процессами
API RP	574	Арматура для применения в сопутствующих процессах нефтепереработки
API	594	Клапаны обратные «вафельного типа»
API	598	Контроль и испытания арматуры
API	600	Задвижки стальные фланцевые и с патрубками под приварку
API	601	Прокладки для фланцев металлические спиральнонавитые
API	602	Задвижки стальные клиновые, клапаны запорные и обратные. Спецификации для DN 2 дюйма и меньше для нефтяной, нефтехимической и связанных с ними отраслей промышленности
API	607	Испытания на пожаростойкость для неполноповоротной арматуры с мягкими седлами
API	608	Краны шаровые металлические фланцевые, с резьбовыми патрубками и патрубками под сварку встык
API	609	Поворотные затворы с проушинами для крепежа бесфланцевого типа
Стандарты Американского общества инженеров-механиков (ASME)		
ASME	B16.5	Фланцы стальных труб, фитинги с фланцами Ду до и включая 24 дюйма
ASME	B16.10	Арматура металлическая. Строительные длины и габаритные размеры
ASME	B16.11	Фитинги кованные стальные, сварные и резьбовые
ASME	B16.20	Прокладки круглые и с канавками для стальных фланцев
ASME	B16.21	Неметаллические прокладки для фланцев
ASME	B16.25	Торцы под сварку встык труб, фланцев и фитингов
ASME	B16.34	Арматура с резьбовыми фланцами и концами под приварку
ASME	B 31.3	Трубопроводы химических заводов и нефтеперерабатывающих предприятий
ASME	B 46.1	Характеристики поверхности (шероховатость, волнистость, направление неровностей)

1	2	3
Стандарты Американского общества по испытаниям и материалам (ASTM)		
ASTM	A370	Механические испытания стальных изделий
ASTM	A966/966M	Стандартный метод испытаний магнитными частицами
ASTM	B 177	Стандартное руководство по нанесению электролитического покрытия на сталь для технических нужд
ASTM	B 689	Стандартная спецификация по технике электролитических никелевых покрытий
ASTM	C 834	Стандартные спецификации на латексные уплотнения
ASTM	D 1330	Плоские резиновые прокладки
ASTM	D 1414	Резиновые уплотнительные кольца
ASTM	E 94	Стандартный метод рентгеновского исследования
ASTM	E 165	Стандартный метод инспекции на проникновение жидкости
ASTM	E 186	Ссылки на проведенные рентгеновские исследования
ASTM	E 709	Стандартный метод исследования магнитными частицами
ASTM	E 747	Практика проектирования, изготовления и классификации по группам материалов индикаторов качества проволочного типа, применяемых в рентгеновском исследовании
ASTM	E 1003	Стандартный метод гидростатического испытания на герметичность
ASTM		
Стандарты Немецкого объединения специалистов газоводопроводного дела (DVGW)		
DVGW	VP 302	Арматура запорная из полиэтилена высокой плотности (PE-HD). Технические требования и испытания
Стандарты Федерального ведомства по плотинной технике и снабжению (VG Германия)		
VG	85055	Затворы поворотные, уплотнения
VG	85056-1	Арматура пожарная – проходная и угловая арматура, DN 50 PN 1,0 МПа, часть 1 сборка
VG	85056-2	Арматура пожарная – проходная и угловая арматура, DN 50 PN 1,0 МПа, часть 2, составные части
VG	85554	Прокладки арматуры уплотнительные
VG		
Стандарты безопасности (UL, Германия)		
UL	429	Арматура с электроприводом
UL/ ANSI	842 842	Арматура для воспламеняющихся жидкостей
UL	1002	Арматура с электроприводом для использования в зонах потенциальной опасности
UL/ ANSI	1769 1769	Арматура для резервуаров
EEMUA	182	Клапаны блочные и питательные для прямых присоединений к трубопроводам. Спецификации
Примечание. В список включен ряд проектов стандартов в надежде, что они будут утверждены в ближайшее время.		

Обозначение сталей по стандартам разных стран

Марка стали по ГОСТ	ANSI/SAE США	DIN Германия	AFNOR Франция	JIS Япония	BS Англия
1	2	3	4	5	6
10	1010	C 10	AF 34 C 10; XC 10	S 10 C	045 M 10; 040 A 10; 1449 10 CS
20	1020; 1023	C 22; Ck 22	AF 42 C20; XC 25; XC 18	S 20 C; S 20 Ck; S 22 C	050 A20; 055 M 15
25, 25Л	1025	Ck 25	XC 25	S 25 C	070 M 26
35	1035	C 35; Ck 35; Cf 35	AF 55 C 35; XC 38; CX 38 H1; XC 38 H1 TS; XC 32	S 35 C	060 A 35; 080 M 36; 1449 40 CS
40	1040	Ck 40	XC 42 H1	S 40 C	080 A 40; 060 A 40; 080 M 40
45	1040; 1045	C 40; Ck 45; Cf 45	AF 60 C 40; XC 42 H1; XC 42 H1TS; XC 45; XC 48	S 45 C	080 M 46; 060 A 47
35X	5132	34 Cr 4	32 C 4	SCr 430 (H)	530 A 32
40X	5135; 5140	37 Cr 4; 41 Cr 4; 42 C 4 TS	38 C 4; 42 C 4; 42 C 4 TS	SCr 435 H SCr 440 (H) SCr 440	530 A 36; 530 M 40; 530 A 40
08X13	403; 410 S	X 6 Cr13; X 7 Cr 14	Z 6 C 13; Z 3 C 14	SUS 403; SUS 410 S	403 S 17
12X13; 15X13Л	410; CA-15	(G-) X 10 Cr 13	Z 12 C 13	SUS 410	410 S 21; 410 C 21
12X15	430	X 6 Cr 17	Z 8 C 17	SUS 430	430 S 15
20X13	420	X 20 Cr 13	Z 20 C 13	SUS 420 J 1	420 S 37
20X17H2	431	X 12 Cr Ni 17 2	Z 15 CN 16.02	SUS 431	431 S 29
30X13	–	X 30 Cr 13	Z 30 C 13	SUS 420 J 2	420 S 45
40X13	–	X 38 Cr 13	Z 40 C 14	SUS 420 J 2	(420 S 45)
12XM; 15XM	A 182-F 11; F 12; A 387 Cr; 12 C1.2	13 Cr Mo 44; 16 Cr Mo 44	15 CD 3,5; 15 CD 4,5	–	1501-620 Cr27; 31
30XMA	4130	25 Cr Mo 4	25 CD 4	SCM 420; SCM 430	1717 CDS 110
03X18H11	304 L	X 2CrNi 19 11; G-X 2 CrNi 18 9	Z 2 CN 18.10; Z 3 CN19.10 Z 2 CN 18.09	SCS 19; SUS 304 L	304 S 12; 304 S 11; 304 C 12

1	2	3	4	5	6
04Х18Н10Т	304 L	–	Z 02 CN 19-12; Z 3 CN 18-10	28	58 E
06Х18Н11	305; 308	X 5CrNi 18 12	Z 8CN 18 12	SUS 305	305 S 19
06ХН28МДТ	–	GXNiCrMoCu 25 20 (литая)	–	–	–
07Х18Н9Л	CF-8	G-X 6 Cr Ni 18 9	Z 6 CN18.10 M	SCS 13	304 C 15
08Х16Н13М2Б	318; 319; 316 Cb	X10CrNiMoNb1810	Z 8 CNDNb 18-12 Z 6 CNDNb 19.13	–	58 H; 318 S 17
08Х18Н10	304; 304 N; 305;	X 5 CrNi 18 10	Z 6 CN 18.09	SUS 304	304 S 15; 304 S 16; 304 S 31
08Х18Н12Б	347	X 6 CrNiNb 18 10	Z 6 CNNb 18 10	SUS 347	347 S 17; 347 S 31
08Х21Н6М2Т	–	–	Z 4 CNDU-2-80	–	–
08Х17Н13М2Т 10Х17Н13М3Т	316 Ti	X 10 CrNiMoTi 18 12	–	–	320 S 33; 58 J
10Х14Г14Н3	–	X 12 MnCr 18 10	–	–	–
12Х17М2Т	–	X 8 CrMoTi 17; X 12 CrMoS 17	–	–	–
12Х17Г9АН4	201	–	Z 10 CMN 18-7	–	–
12Х18Н9	302	CX 10 CrNi 18 8 (литая)	Z 12 CN 18-10	40	58 A
12Х18Н9Т	321	X 8 CrNi 12 12	Z 10 CN 12-12	–	58 D
12Х18Н10Т	321	X 6 CrNiTi 18 10	Z 6 CNT 18.10	SUS 321	321 S 12; 321 S 20
Х18Н10Т 09Х18Н10Т	–	X 12 CrNiTi 18 9	Z 6 CNT 18.12 (B)	SUS 321	321 S 12; 321 S 20; 321 S 31
12Х25Т	446	–	Z 15C 27; B 3423 C Z 20 C 25	–	–
15Х12Н2ВМФ	420	GX 25 Cr 14 (литая)	Z 20 C 13	SCS 2 (литая)	56 B
15Х28	–	6 X 60 Cr 29	–	–	–
20Х23Н13	309	–	–	–	–
38Х2МЮА	A 355 C1.A	41 CrAlMo 7	40 CAD 6/12	–	905 M 39
55Х20Г9АН4	EV 8	X53CrMnNiN 21	Z 52CMN 21.09	SUN 35; SUN 36	349 S 54

1	2	3	4	5	6
АС38ХГМ 35ХМЛ, 35ХМ	4135; 4137	34 CDMo 4	35 CD 4	SCM 432; SCCrM 3; SCM 435 H	708 A 37

В обозначениях марок сталей по ГОСТ буквы означают: А – азот, Б – ниобий, В – вольфрам, Г – марганец, Д –медь, Е – селен, К – кобальт, М – молибден, Н – никель, Р – бор, С – кремний, Т – титан, Ф – ванадий, Х – хром, Ц – цирконий, Ю – алюминий. Буква А, обозначающая азот, в конце марки не ставится. В обозначениях марок сталей цифры, стоящие после обозначения элемента, указывают его среднее содержание (в процентах). Цифры, стоящие перед буквенным обозначением, указывают среднее или максимальное (при отсутствии нижнего предела) содержание углерода в стали в сотых долях процента. Буква Л в окончании обозначения означает, что сталь предназначена для отливок

Приложение 3

Коды и классификация СЕИР из каталога «Арматура из Европы»

1.	*Арматура промышленная общего назначения*
1.01	**Задвижки**
01	Задвижки чугунные
02	Задвижки из нелегированных и низколегированных сталей
03	Задвижки из жаропрочных (легированных сталей)
04	Задвижки из сталей для низких температур (вязких в холодном состоянии)
05	Задвижки из нержавеющей стали
06	Задвижки из медных сплавов
07	Задвижки из легких сплавов
08	Задвижки из никелевых, титановых, танталовых и др. сплавов
09	Задвижки с покрытием
10	Задвижки из пластмасс
11	Задвижки из стекла, керамических и металло-керамических материалов
1.02	**Затворы дисковые**
01	Затворы чугунные
02	Затворы из нелегированных и низколегированных сталей
03	Затворы из жаропрочных сталей
04	Затворы из сталей для низких температур (вязких в холодном состоянии)
05	Затворы из нержавеющей стали
06	Затворы из медных сплавов
07	Затворы из легких сплавов
08	Затворы из никелевых, титановых, танталовых и др. сплавов
09	Затворы с покрытием
10	Затворы из пластмасс
11	Затворы из стекла, керамических и металло-керамических материалов
1.03	**Клапаны запорные**
01	Клапаны запорные чугунные
02	Клапаны запорные из нелегированных и низколегированных сталей
03	Клапаны запорные из жаропрочных сталей
04	Клапаны запорные из сталей для низких температур (вязких в холодном состоянии)
05	Клапаны запорные из нержавеющей стали
06	Клапаны запорные из медных сплавов
07	Клапаны запорные из легких сплавов
08	Клапаны запорные из никелевых, титановых, танталовых и др. сплавов
09	Клапаны запорные с покрытием
10	Клапаны запорные из пластмасс
11	Клапаны запорные из стекла, керамических и металло-керамических материалов

12	Клапаны с электромагнитным приводом
1.04	**Краны шаровые**
01	Краны шаровые чугунные
02	Краны шаровые из нелегированных и низколегированных сталей
03	Краны шаровые из жаропрочных сталей
04	Краны шаровые из сталей для низких температур (вязких в холодном состоянии)
05	Краны шаровые из нержавеющей стали
06	Краны шаровые из медных сплавов
07	Краны шаровые из легких сплавов
08	Краны шаровые из никелевых, титановых, танталовых и др. сплавов
09	Краны шаровые с покрытием
10	Краны шаровые из пластмасс
11	Краны шаровые из стекла, керамических и металло-керамических материалов
1.05	**Простая запорная арматура**
01	Краны конические чугунные и стальные
02	Краны конические из медных сплавов
03	Краны цилиндрические чугунные и стальные
04	Краны цилиндрические из медных сплавов
05	Краны конические и цилиндрические из легких сплавов
06	Краны конические и цилиндрические из никелевых, титановых, танталовых и др. спл.
07	Краны конические и цилиндрические из пластмасс
08	Клапаны запорные мембранные
09	Задвижки шланговые
10	Арматура многоходовая
1.06	**Арматура обратная**
01	Затворы обратные чугунные
02	Затворы обратные из нелегированных и низколегированных сталей
03	Затворы обратные из специальных сталей
04	Затворы обратные из медных сплавов
05	Затворы обратные с покрытием
06	Затворы обратные из неметаллических материалов
07	Клапаны обратные чугунные
08	Клапаны обратные из нелегированных и низколегированных сталей
09	Клапаны обратные из специальных сталей
10	Клапаны обратные из медных сплавов
11	Клапаны обратные с покрытием
12	Клапаны обратные из неметаллических материалов
13	Арматура обратная из никелевых, титановых, танталовых и др. сплавов
14	Арматура обратная чугунная

1.07	**Арматура регулирующая**
01	Клапаны-регуляторы давления
02	Клапаны-регуляторы расхода
03	Клапаны-регуляторы температуры
04	Клапаны-регуляторы уровня
05	Клапаны регулирующие с электрическим исполнительным механизмом
06	Клапаны регулирующие с электромагнитным исполнительным механизмом
07	Клапаны регулирующие с пневматическим исполнительным механизмом
08	Клапаны регулирующие с гидравлическим исполнительным механизмом
09	Клапаны регулирующие с электро-гидравлическим исполнительным механизмом
10	Клапаны регулирующие с ручным управлением
1.08	**Арматура защитная (ограничение давления, температуры, уровня)**
01	Мембраны разрывные
02	Клапаны предохранительные пружинные, чугунные и стальные
03	Клапаны предохранительные пружинные из цветных металлов
04	Клапаны предохранительные пружинные из неметаллических материалов
05	Клапаны предохранительные рычажно-грузовые, чугунные и стальные
06	Клапаны предохранительные рычажно-грузовые из цветных материалов
07	Клапаны предохранительные непрямого действия
08	Клапаны предохранительные мембранные
09	Ограничители давления
10	Клапаны предохранительные сбросные (для жидких сред)
11	Клапаны отключающие
12	Ограничители температуры
13	Ограничители уровня
1.09	**Отводчики и осадители**
01	Конденсатоотводчики поплавковые
02	Конденсатоотводчики термостатические
03	Конденсатоотводчики термодинамические
04	Конденсатоотводчики жесткого типа
05	Маслоотделители
06	Водоотделители
07	Клапаны дыхательные
08	Грязеуловители, грязеосадители
09	Сетки
10	Фильтры
1.10	**Контрольная арматура**
01	Указатели уровня воды

02	Указатели уровня жидкости (кроме воды)
03	Указатели уровня для сыпучих сред
04	Стекла контрольные (смотровые)
05	Приборы контроля за потоком
06	Клапаны для манометров
07	Краны для манометров
08	Клапанный блок
09	Клапаны для отбора проб
1.11	**Элементы трубопроводные соединительные**
01	Компенсаторы
02	Элементы подвижных соединений
03	Резьбовые соединительные элементы
04	Муфты соединительные
05	Скобы соединительные
06	Арматура приспособлений для засверловки труб, чугунная и стальная
07	Арматура приспособлений для засверловки труб из цветных металлов
08	Арматура приспособлений для засверловки труб из неметаллических материалов
09	Металлические шланги
1.12	**Приводы для арматуры**
01	Приводы электрические многооборотные
02	Приводы электрические неполнооборотные
03	Приводы электрические возвратно-поступательные
04	Приводы гидравлические многооборотные
05	Приводы гидравлические неполнооборотные
06	Приводы гидравлические возвратно-поступательные
07	Приводы пневматические многооборотные
08	Приводы пневматические неполнооборотные
09	Приводы пневматические возвратно-поступательные
10	Приводы электрические
2	***Арматура специального назначения***
2.01	**Арматура для водопроводных и канализационных сетей**
01	Задвижки
02	Клапаны запорные
03	Гидранты надземные
04	Гидранты подземные
05	Арматура приспособлений для засверливания труб и принадлежности к ней
06	Затворы шлюзового типа (бескорпусные шиберы)
07	Затворы обратные
08	Клапаны приемные и сетки
09	Клапаны-регуляторы после себя
10	Клапаны отключающие

11	Осадители твердых веществ
12	Клапаны дыхательные
13	Компенсаторы
14	Монтажные элементы
15	Элементы соединительные, резьбовые, муфты
2.02	**Арматура магистральная газо-, нефте- и продуктопроводов**
01	Задвижки
02	Краны шаровые
03	Краны конические цилиндрические
04	Затворы обратные
05	Клапаны обратные
06	Арматура регулирующая
07	Мембраны разрывные
08	Клапаны предохранительные
09	Клапаны отключающие
10	Фильтры и осадители
11	Трубопроводные скребки
12	Арматура для измерительных линий
2.03	**Арматура для газовых сетей**
01	Задвижки
02	Краны шаровые
03	Краны конические
04	Затворы дисковые, клапаны запорные
05	Арматура приспособлений для засверливания труб и принадлежности к ней
06	Клапаны предохранительные
07	Клапаны отключающие
08	Фильтры, пылеуловители
09	Компенсаторы
10	Монтажные элементы
2.04	**Арматура отопительных сетей**
01	Задвижки
02	Затворы дисковые
03	Клапаны запорные
04	Краны
05	Клапаны-регуляторы
06	Клапаны-регуляторы расхода
07	Клапаны-регуляторы температуры
08	Клапаны предохранительные
09	Клапаны отключающие
10	Ограничители температуры
11	Осадители
12	Компенсаторы
2.05	**Арматура котельных установок**
01	Задвижки

02	Затворы дисковые
03	Клапаны запорные
04	Краны
05	Клапаны отключающие
06	Арматура обратная
07	Клапаны–регуляторы расхода
08	Клапаны-регуляторы давления
09	Клапаны регулирующие
10	Клапаны-регуляторы температуры, ограничители температуры
11	Клапаны-регуляторы уровня, ограничители уровня
12	Указатели уровня воды
13	Мембраны разрывные
14	Клапаны предохранительные
15	Конденсатоотводчики
2.06	**Арматура для атомных станций**
01	Задвижки
02	Затворы дисковые
03	Клапаны запорные
04	Краны
05	Арматура мембранная
06	Арматура запорная с управлением от рабочей среды
07	Затворы обратные
08	Клапаны обратные
09	Арматура регулирующая
10	Клапаны предохранительные пружинные
11	Клапаны предохранительные непрямого действия
12	Конденсатоотводчики
13	Арматура для измерительных линий
14	Соединительные детали трубопроводов, компенсаторы
15	Специальная арматура
2.07	**Арматура судостроительная**
01	Задвижки
02	Затворы дисковые
03	Клапаны запорные
04	Краны
05	Затворы обратные
06	Клапаны обратные
07	Арматура регулирующая
08	Клапаны предохранительные
09	Ограничители уровня жидкостей
10	Конденсатоотводчики
11	Указатели уровня воды
12	Арматура для измерительных линий
13	Грязеуловители, пылеуловители

2.08	**Арматура для холодильных установок, тепловых насосов**
01	Клапаны запорные
02	Клапаны отключающие
03	Клапаны переключающие (многоходовые)
04	Арматура обратная
05	Арматура регулирующая
06	Мембраны разрывные
07	Клапаны предохранительные
08	Клапаны обратные
09	Ограничители давления, приборы контроля давления
10	Ограничители температуры, плавкие предохранители
11	Грязеуловители, фильтры
12	Указатели уровня жидкости
13	Контрольные (смотровые) стекла
14	Арматура измерительных линий
15	Арматура для холодильных шкафов
2.09	**Арматура криогенная**
01	Задвижки
02	Затворы дисковые
03	Клапаны запорные
04	Краны
05	Арматура обратная
06	Арматура регулирующая
07	Клапаны предохранительные
08	Грязеуловители
09	Компенсаторы, сильфоны
2.10	Арматура для пищевой промышленности
01	Арматура для молочной промышленности
02	Арматура для пивоварения, спиртового производства
03	Арматура для пищевой промышленности
04	Арматура для производства соков, минеральных вод
05	Арматура для стоек баров, торговых предприятий
06	Арматура кофеварочных и чаеприготовительных машин
07	Арматура для крупных кухонь
2.11	**Арматура противопожарная**
01	Соединительные элементы
02	Арматура пожарных шлангов
03	Настенные пожарные краны
04	Арматура для пенообразующих противопожарных средств
05	Арматура для заполнения и отбора пенообразующих средств
06	Ограничители давления
07	Коллекторные устройства, распределители
08	Гидромонитор
09	Брандспойты
10	Соединительные элементы

11	Напорные трубы (стойки)
12	Эжекторы
13	Фильтры всасывания
14	Арматура портативных огнетушителей
15	Принадлежности противопожарных устройств
2.12	**Арматура резервуарная: стационарных резервуаров, авто-, железнодорожных**
01	Арматура для отбора проб
02	Клапаны спускные
03	Арматура соединительная для автоцистерн
04	Арматура для заправки и отбора среды газовых автоцистерн
05	Клапаны запорные для емкостей
06	Клапаны запорные для газовых баллонов
07	Клапаны –регуляторы после себя для газовых баллонов
08	Клапаны дыхательные
09	Клапаны предохранительные
10	Клапаны переключающие
11	Мембраны разрывные
12	Отсекатели пламени
13	Указатели уровня жидкости
14	Соединения для шлангов
15	Соединения для емкостей под сыпучие среды
2.13	Арматура для других отраслей промышленности
01	Арматура для вязких сред и сред содержащих твердые частицы
02	Арматура для сыпучих сред
03	Арматура для горячих газов
04	Арматура для установок высокого давления
05	Арматура для вакуумной техники
06	Арматура для кислорода
07	Арматура для сжатого воздуха
08	Арматура для авиационной и ракетной техники
09	Арматура для АЭС
10	Арматура для автомобилей
11	Арматура для железнодорожного транспорта
12	Арматура для смазочных устройств
13	Арматура для металлургических производств
14	Арматура для аэрозольная
3	***Арматура жилищно-коммунальная***
3.01	**Арматура санитарная**
01	Арматура с механическим управлением
02	Арматура с термостатическим управлением
03	Арматура с электронным управлением
04	Смесители с одной рукояткой
05	Арматура санитарная автоматическая

06	Арматура санитарная для многоместных умывальников
07	Арматура запорная и раздаточная для водогрейных аппаратов
08	Арматура запорная и раздаточная для аппаратов под давлением
09	Арматура предохранительная для водогрейных аппаратов
10	Арматура спускная, сифоны
11	Душ, регуляторы струи
12	Клапаны смывные
13	Смывные бачки, арматура к ним.
14	Арматура ванных комнат
15	Арматура специальная
3.02	**Арматура водопроводная жилищно-коммунальная**
01	Задвижки
02	Клапаны запорные проходные с прямым и наклонным шпинделем
03	Клапаны запорные угловые
04	Клапаны отключающие
05	Краны водопроводные спускные
06	Краны спускные автоматические
07	Краны водопроводные с обратным клапаном и прерывателем вакуума
08	Арматура для подключения стиральных машин
09	Арматура обратная
10	Клапаны регулирующие до себя
11	Прерыватели вакуума, дыхательные клапаны
12	Осадители
13	Арматура защитная для шлангов
3.03	**Арматура для отопительных систем и систем кондиционирования воздуха**
01	Арматура запорная трубопроводная
02	Арматура распределительная
03	Клапаны обратные, сифоны
04	Арматура для котлов
05	Клапаны термостатические для регуляторов
06	Зонные клапаны
07	Клапаны регулирующие ручные для отопительных регуляторов
08	Резьбовые соединительные элементы
09	Клапаны-регуляторы для отопительных установок (регуляторы нагрева)
10	Регуляторы для систем вентиляции и кондиционирования воздуха
11	Приводные устройства для смесителей
12	Арматура смесительная
13	Клапаны-регуляторы и ограничители давления
14	Ограничители температуры
15	Клапаны электромагнитные для котельных установок на газе и мазуте
3.04	**Арматура газовая бытовая**
01	Задвижки
02	Краны шаровые
03	Краны конические проходные

04	Краны конические угловые
05	Затворы дисковые
06	Арматура запорная с электроизоляцией
07	Электроизоляционные соединения
08	Домовые вводы
09	Краны проходные для подсоединения газовых аппаратов
10	Арматура обратная
11	Соединительные элементы
12	Газовые предохранительные трубки
13	Арматура газовых аппаратов
3.05	**Арматура для лабораторных и медицинских приборов**
01	Клапаны для отбора проб воды
02	Клапаны автоматические для дистиллированной воды
03	Клапаны для отбора проб пара
04	Краны конические для газа
05	Арматура вытяжных шкафов
06	Стендовые стойки с электрическими розетками
07	Арматура для нескольких сред
08	Арматура с электронным управлением
09	Аварийные смывные устройства
10	Арматура медицинских приборов
3.06	Арматура сельскохозяйственного назначения
01	Арматура дождевальных установок
02	Садовая арматура
03	Арматура для поилок и уборки животноводческих помещений
04	Арматура для опрыскивателей (по борьбе с насекомыми)
4.	***Запасные части***
5.	***Ремонт и обслуживание***
6.	***Другие применения***

Приложение 4

Полезные эквиваленты
Таблица перерасчета в/из метрической системы

Исходная единица	Множитель	Результат
1	2	3
МЕРЫ ДЛИНЫ		
миллиметр	0,039	дюйм
сантиметр	0,394	дюйм
дюйм	2,54	сантиметр
фут	30,348	сантиметр
фут	0,304	метр
МЕРЫ ПЛОЩАДИ		
см^2	0,155	дюйм^2
см^2	0,001076	фут^2
дюйм^2	6,452	см^2
дюйм^2	0,00694	фут^2
фут^2	929	см^2
МЕРЫ ПОТОКА		
галлон США/мин (GPM)	3,785	литр/мин
галлон США/мин	0,133	фут^3/мин
галлон США/мин	0,227	м^3/ч
фут^3/мин	7,481	GPM
фут^3/ч	0,1247	GPM
фут^3/ч	0,01667	фут^3/мин
м^3/ч	4,403	GPM
м^3/ч	35,31	фут^3/ч
МЕРЫ СКОРОСТИ		
фут/с	0,3048	м/с
фут/с	1,097	км/ч
фут/с	0,6818	мили/ч
МЕРЫ ОБЪЕМА И ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ		
фут^3	28,32	литр
фут^3	7,4805	галлон
литр	61,02	дюйм^3
литр	0,03531	фут^3
литр	0,264	галлон
галлон	3785,0	см^3
галлон	231,0	дюйм^3
галлон	0,1337	фут^3
МЕРЫ ВЕСА		
фунт	0,453	кг
кг	2,205	фунт
МЕРЫ ДАВЛЕНИЯ И НАПОРА		
фунт^2/дюйм	0,06895	бар

1	2	3
фунт/дюйм^2	0,06804	атм
фунт/дюйм^2	0,0703	кг/см^2
фунт/дюйм^2	6,895	кПа
фунт/дюйм^2	2,307	футов H_2O (4°С)
фунт/дюйм^2	0,703	м H_2O (4°С)
фунт/дюйм^2	5,171	см рт. ст. (0°С)
фунт/дюйм^2	2,036	дюймов рт. ст. (0°С)
атм	14,69	фунт/дюйм^2
атм	1,013	бар
атм	1,033	кг/см^2
атм	101,3	кПа
бар	14,50	фунт/дюйм^2
кг/см^2	14,22	фунт/дюйм^2
кПа	0,145	фунт/дюйм^2

Приложение 5

Перечень Директив ЕС

Директивы устанавливают необходимые требования, которым должны отвечать изделия прежде, чем они могут быть поставлены на европейский рынок в ЕС. В директивах описывается, каким образом производители могут продемонстрировать, что изделия отвечают «обязательным требованиям» директивы путем описания «процедур оценки соответствия». С момента опубликования в Официальном журнале (0J) ЕС государства – члены обязаны ввести закон в свое национальное законодательство и перевести требования директивы в национальный закон в установленное время после предоставляемого директивой переходного периода. Несоблюдение требований директив в национальном законе является уголовным преступлением.

Директивы, относящиеся к арматуре и приводам:

Оборудование, работающее под давлением (97/23/ЕС), известная также как PED.

Безопасность заводов и установок, работающих под давлением более 0,5 бар.

Взрывоопасные среды (94/9/ЕС), известная также как ATEX.

Требования безопасности для систем управления и оборудования, работающего во взрывоопасных средах (опасных зонах).

Обычные сосуды высокого давления (87/404/ЕЕС).

Требования безопасности для сосудов высокого давления, содержащих воздух или азот.

Конструкционные изделия (89/1Об/ЕС), известная также как CPD.

Безопасность и эксплуатационные качества строительных изделий, включая требования механической стабильности, огнестойкости, гигиены, шума и энергоемкости.

Электромагнитная совместимость (89/336/ЕЕС), известная также как EMC.

Помехозащищенность и эмиссия электрического оборудования.

Безопасность машин, механизмов и машинного оборудования (98/37/ЕС) MD (Machinery).

Безопасность всех видов машин с движущимися частями (89/392/ЕЕС).

Низкое напряжение (72/23/ЕЕС), известная также как LVD.

Безопасность всего электрического оборудования от 50 до 1000 вольт.

Следует отметить также следующие дополнительные директивы:

93/68/ЕЕС Маркировка безопасности эксплуатации (CE marking);

85/374/ЕЕС Надежность изделия (Product Liability);

93/465/ЕЕС Модули оценки соответствия и маркировка безопасности эксплуатации (Conformity Assessment Modules & CE Mark).

Литература

1. *Гуревич Д.Ф.* Расчет и конструирование трубопроводной арматуры Л.: Машиностроение, 1969. 838 с.

2. *Гуревич Д.Ф., Шпаков О.Н.* Справочник конструктора трубопроводной арматуры Л.: .Машиностроение, 1987. 518 с.

3. *Гуревич Д.Ф., Шпаков О.Н., Вишнёв Ю.Н.* Арматура химических установок Л.: Химия, 1979. 320 с.

4. *Гуревич Д.Ф., Шпаков О.Н., Заринский О.Н.* Защитно-предохранительные устройства нефтегазового оборудования Л.: Недра, 1991. 576 с.

5. *Сейнов С.В.* Трубопроводная арматура. Исследования. Производство. Ремонт. М.: Машиностроение, 2002. 390 с.

6. *Современные* конструкции трубопроводной арматуры для нефти и газа / Справочное пособие // Под ред. Ю. М. Котелевского. М.: Недра, 1976. 476 с.

7. *Пинаева Е.Г., Силивина М.И., Тарасьев Ю.И.* Основные требования, предъявляемые при выборе регулирующей арматуры. СПб.: Бюлл. НПАА № 2 (20). 2002. С. 25–27.

8. *Черноштан В.И., Кузнецов В.А.* Трубопроводная арматура ТЭС / Справочное пособие. М.: МЭИ, 2001. 395 с.

9. *Федоров О.И., Дунаевский С.Н.* О нормировании герметичности затвора запорной арматуры // Арматуростроение. №2 (24). 2003. С. 19–21.

10. *Патент* РФ № 2105283. Конденсатоотводчик.

11. *Патент* Украины № 21809 А. Конденсатовідвідник.

12. *Whitehouse R. C.* The Valve and Actuator User's. London: The British Valve and Actuator Manufacturers' Association, 2001. P. 185.

АРМАТУРНЫЕ ИСТОРИИ РАЗНЫХ ЛЕТ

Регуляторы давления, электроприводы

В 1958 году я, молодой инженер-лейтенант, окончивший год назад Ленинградское пограничное высшее военно-морское училище, готовил заявку на ремонт оборудования электромеханической боевой части. За год службы были основательно изучены главные и вспомогательные дизели, компрессоры, генераторы, преобразователи и другая техника пограничного сторожевого корабля типа «Большой охотник». Корабль был построен в 1945 году и прослужил двенадцать лет в составе Ленинградского пограничного округа. В качестве главных двигателей на корабле были установлены три американских дизеля фирмы «Дженерал Моторс» мощностью по тысяче лошадиных сил. Двигатели отличались хорошей компоновкой, каждый из них имел двенадцать цилиндров, расположенных в V-образном блоке. Техническая документация была на английском языке, поэтому пришлось восстановить знания, полученные в училище. Сами по себе двигатели были традиционной конструкции, а шинно-пневматические муфты, соединяющие двигатели с гребными валами, заслуживали подробного изучения и ухода. Резинотканевые шины (по две на каждый двигатель), соединяли валы для движения корабля вперед или назад. Соединение происходило в зависимости от положения золотника распределителя, устанавливающегося вручную по сигналам телеграфа с мостика.

Постоянное давление воздуха на каждом агрегате поддерживалось регуляторами давления. Вместо пружины в регуляторах использовалась энергия сжатого воздуха, находящегося в полусферической полости над резиновой мембраной, являющейся чувствительным элементом регулятора. Камера нагружения заполнялась воздухом с давлением 15 фунтов на квадратный дюйм (около одной атмосферы), после чего герметично отключалась запорным клапаном. Для контроля давления использовался манометр. Основной золотник регулятора был изготовлен из латуни, в нем располагалась вулканизированная резина.

После двенадцати лет эксплуатации запорный клапан и основной золотник потеряли герметичность. Эти небольшие приборы много значили для нормального исполнения команд при маневрировании корабля, в особенности при швартовке. Я занес работы по восстановлению работоспособности регуляторов в ремонтную ведомость.

Ремонт проводился судоремонтным заводом, расположенным на Уральской улице острова Декабристов Ленинграда. Поскольку в связи с наличием американских главных двигателей технический персонал завода не имел соответствующей документации, ответственность за все решения ложилась на командира электромеханической боевой части или, как было принято говорить, на механика корабля. Без особого труда подобрали бронзовый запорный клапан. Я потребовал установить его нештатно, т.е. входным патрубком в сторону камеры нагружения. Это обеспечивало более надежное запирание сжатого воздуха в закрытой полости. Как восстановить вулканизацию основного золотника, я не знал, поэтому предложил изготовить из латуни отдельно шток и отдельно золотник из текстолита. Соединив золотник

со штоком клеем БФ-2, нанес два слоя клея на его уплотнительную поверхность. После высыхания клея получилось мягкое уплотнение, вполне обеспечивающее необходимую герметичность. Отремонтированные регуляторы ни разу не подвели команду вплоть до хрущевского сокращения армии в 1960 году.

Тогда я еще не знал, что судьба соединит мою жизнь с арматурой на долгие годы. В 1962 году, будучи в отпуске после кругосветного промыслового рейса на китобойном судне в составе Калининградской антарктической китобойной флотилии «Юрий Долгорукий», на котором служил вторым механиком, я встретил на Невском проспекте моего однокурсника по училищу Михаила Светличного. Расспросив друг друга о жизни, мы стали обсуждать дальнейшие планы. Михаил предложил мне устроиться на работу в ЦКБА, где он работал руководителем группы технологического отдела. Я согласился, попросив только подобрать мне интересную работу. Вскоре меня приняли в отдел приводных устройств, начальником которого был Владимир Борисович Дегтерев. Руководитель группы Павел Самуилович Шульман быстро ввел меня в курс дел. У меня сразу же наладились хорошие отношения со всеми сотрудниками отдела, в особенности с А.А. Мельниковой, Т.О. Тер-Матеосянцем, А.Д. Плотниковым, В.А. Бабушкиным, Г.Н. Клоцвогом, Г.Д. Мармурком, а позднее – с В.А. Соловьевым, Л.П. Горшковым, Г.В. Новожиловым и многими другими соратниками.

В 1965 году меня назначили начальником отдела. Коллектив был настроен на создание приводов, не уступающих по своим характеристикам лучшим зарубежным. Слабым местом выпускавшихся электроприводов был возврат контактов устройств, выключающих привод при достижении заданного крутящего момента, в исходное положение. Это ограничивало применение электроприводов в системах автоматики, усложняя настройки у потребителей. Мы начали думать, как решить поставленную задачу. В процессе работы было найдено оригинальное решение, позволяющее зафиксировать положение кулачка, воздействующего на контакты выключателей. В 1968 году было получено наше первое авторское свидетельство, авторами которого кроме меня были А.Д. Плотников и В.А. Соловьев.

Одновременно проводилась работа по унификации электроприводов в нормальном и взрывозащищенном исполнении. Исторически сложилось так, что электроприводы в нормальном исполнении изготавливались по проектам ЦКБА, а взрывозащищенные – по документации Гипронефтемаша. Теперь разрабатывались конструкции на одной базе. При этом использовались новейшие конструкторские и дизайнерские решения, а новые конструкции постепенно осваивались тульским заводом «Электропривод». В дальнейшем унифицированные электроприводы совершенствовались силами завода и ЦКБА, появлялись новые модификации, но это уже другая история.

Через некоторое время в ЦКБА поступили задания на разработку документации для финской атомной электростанции «Ловииса». К нашему удовлетворению, все требования заказчиков уже были учтены в новых конструкциях унифицированных электроприводов. Тульский завод изготовил для «Ловиисы» несколько тысяч электроприводов, кото-

рые выдержали строжайшие испытания на стендах и в эксплуатации. Они исправно служат финским энергетикам до настоящего времени.

Гермоклапаны

В 1963 году в Главном инженерном управлении ракетных войск возникла проблема замены арматуры вентиляционных систем, для открывания и закрывания которых предназначались затворы поворотные, получившие название гермоклапаны. Только что организованный Государственным комитетом химического и нефтяного машиностроения Московский филиал ЦКБА разработал ряд гермоклапанов диаметрами от 200 до 1400 мм. Клапаны представляли собой сварные цилиндры с валами, на которых были закреплены рычаги, соединенные с дисками через пружины. Это соединение позволило установить тарель клапана непосредственно на уплотнительные поверхности и только потом прижать ее к уплотнению через рычаги. Изготовление опытных образцов гермоклапанов было поручено Мышегскому арматурному заводу, с чем он превосходно справился.

Возникла проблема создания специального электропривода. Существующие гермоклапаны комплектовались громоздкими электроприводами, состоящими из неполноповоротного червячного редуктора, на который устанавливался взрывозащищенный электропривод с двусторонним ограничителем крутящего момента, содержащий два червячных редуктора и большую маслонаполненную коробку путевых выключателей. По габаритам и массе электроприводы, в особенности для гермоклапанов малых диаметров, были сравнимы с гермоклапанами и крайне неудобны в обслуживании. Главным конструктором тульского «Электропривода» в то время был выпускник Тульского политехнического института кореец Ким Ден Гюн, которого в жизни все звали Дмитрий Григорьевич.

На тульском заводе параллельно с отделом главного конструктора действовало Специальное конструкторское бюро, возглавляемое способным специалистом Виктором Ивановичем Стекачевым. Госкомитет химического и нефтяного машиностроения имел в то время возможность финансировать новые направления в арматуростроении, так как на него не были возложены обязанности по выполнению объемов производства, которыми занимались Советы народного хозяйства (Совнархозы). Тульский завод «Электропривод» и Мышегский арматурный завод относились к Приокскому Совнархозу.

В.И. Стекачев, не имея жесткого производственного плана, разрабатывал многочисленные новые модели приводов, используя для их изготовления оборудование инструментального цеха. Очень большую помощь оказывал ему оператор координатно-расточного станка В. Никитин. На этом станке можно было выполнять почти все операции механической обработки. Виктор Иванович не признавал такого понятия, как «запас прочности», он допускал в расчетах нагрузки, близкие к пределу текучести материалов, поэтому все конструкции казались миниатюрными. Избалованный возможностями координатно-расточного станка, он обычно назначал очень короткие сроки освоения новых изделий, что, конечно, не могло быть выполнено при

подготовке серийного производства. По этим причинам у него часто случались конфликты с главным инженером завода Альфредом Георгиевичем Макеевым, ставшим позже первым начальником Главного управления промышленной арматуры организованного в 1965 году Министерства химического и нефтяного машиностроения СССР.

Виктор Иванович Стекачев со своим напарником Владимиром Никитиным создали модель электропривода для гермоклапанов кулисно-винтового типа. Привод содержал не более 20 оригинальных деталей и помещался в небольшом чемоданчике. Добившись приема у начальника Главного инженерного управления ракетных войск Министерства обороны, он привез модель привода на Фрунзенскую набережную, захватив с собой отвертку и разводной ключ. Вынув привод из чемодана, Виктор Иванович в течение пяти минут разобрал и собрал его. Военные были шокированы простотой и удобством обслуживания нового привода. Стали носить его по кабинетам других управлений, вызывая в каждом восторг руководителей, которые тут же решили выделить средства и форсировать создание нового поколения гермоклапанов с кулисно-винтовыми электроприводами.

По постановлению ВСНХ 1958 года ни одна новая разработка арматуры и приводов не могла быть поставлена на производство без согласования с ЦКБА, а поскольку ЦКБА участвовало в разработке привода совместно с ОГК завода, нужно было убедить специалистов одобрить привод В.И. Стекачева.

Руководство ракетных войск направило представителей в ЦКБА, пригласив туда специалистов тульского «Электропривода» и Мышегского арматурного завода. Выполнив расчет электропривода, отдел прочности ЦКБА заявил, что в представленном виде привод Стекачева не может быть рекомендован для постановки на производство, так как прочность деталей не соответствует нормативам. Военные представители были огорчены и всячески уговаривали руководство ЦКБА сделать все, чтобы довести «до ума» кулисно-винтовой привод. Посоветовавшись со специалистами, мы решили доработать привод, усилив конструкцию, установив новую коробку путевых выключателей и, что самое главное, введя направляющий паз для гайки кулисы, что позволило существенно увеличить крутящий момент за счет перераспределения усилий в цепочке винт–гайка–направляющая планка и кулиса.

Весь отдел приводных устройств, отложив другие работы, занялся разработкой рабочих чертежей ряда кулисно-винтовых приводов. Большую помощь в разработке оказал сам В.И. Стекачев. Он за несколько минут чертил от руки эскизы деталей, почти не заглядывая в чертежи общих видов, ставил размеры и допуски. Работа была закончена за неделю.

Руководство решило организовать Межведомственную комиссию под руководством Главного инженерного управления ракетных войск на базе Мышегского арматурного завода. Председателем комиссии назначили майора Аркадия Петровича Араловца. От ЦКБА в межведомственную комиссию были включены по гермоклапанам Аркадий Вениаминович Воловик, а по электроприводам – автор данных

воспоминаний. От Московского ЦКБА в комиссию включили Федора Пантелеевича Хуповку и Германа Яруллаевича Сульмана. От Мышегского завода участвовали Борис Воронцов – отец нынешнего главного конструктора Владимира Борисовича Воронцова, от тульского завода – Д.Г. Ким и В.И. Стекачев. От военного института, проектировавшего системы вентиляции, вошли подполковник Сысоев и вольнонаемный Шахматов, а также представитель заказчика в ЦКБА В. Закоморный.

В июле 1963 года мы с А.В. Воловиком отправились в Алексин для участия в комиссии и поселились на бывшем постоялом дворе, двухэтажном деревянном доме без водопровода и канализации. Там уже проживал Ф.П. Хуповка. Постоялый двор располагался на высоком берегу Оки, откуда открывался красивый пейзаж с сосновыми борами. Стационарного моста через Оку еще не было, на лето возводился шаткий понтонный мост, по которому неторопливо передвигались машины и подводы.

В то время в продовольственных магазинах Алексина можно было купить только грузинский чай, печенье и конфеты-подушечки, что нас устраивало по финансовым соображениям (инженеры в то время зарабатывали мало, а командировочные составляли два рубля шестьдесят копеек), так что утром мы пили чай из самовара и отправлялись на завод, перейдя по понтонному мосту и дальше – через сосновый бор и гору Жалка. По дороге собирали белые боровые грибы и вешали их для белок на сучки деревьев. На заводе мы и обедали, что поддерживало наши молодые организмы. Аркадий, в то время холостой, высокий и красивый, быстро познакомился с ленинградкой Эллой, которая была в Алексине в экспедиции от геолого-разведывательного института. Институт изучал запасы щебня и в дальнейшем сильно испортил пейзаж, организовав на живописном берегу Оки щебеночный карьер. От Эллы мы научились горной терминологии, чем позже удивляли Д.Г. Кима, небрежно указывая на горы щебенки: «Это штыб нефракционный». Непосредственный Дмитрий Григорьевич страшно удивлялся, приставая к нам: «Откуда вы это знаете?» Мы же говорили, что представители головного КБ по арматуре владеют всеми специальностями.

Так мы провели несколько дней, ожидая приезда комиссии, затем отправились на почту и дали телеграмму директору ЦКБА А.З. Качкачеву о том, что представители ЦКБА две недели ожидают прибытия комиссии и ее отсутствие задерживает постановку на производство гермоклапанов, на ускорении чего настаивали заказчики.

Через два дня прибыла комиссия. Председатель комиссии, молодой майор А.П. Араловец со звучным, как у Левитана, голосом, собрал комиссию в каком-то домике за территорией завода и организовал рассмотрение документации. В то время ни ГОСТов, ни отраслевых документов по постановке на производство военной продукции не было. Решили руководствоваться ТУ Главного артиллерийского управления. Наши и заводские документы зачастую не соответствовали требованиям этого ТУ, и между А.В. Воловиком и А.П. Араловцем возникали споры, которые, впрочем, проходили очень вежливо:

– Аркадий Вениаминович, Вы неправы.
– Нет, Аркадий Петрович, неправы Вы.
Или:
– Аркадий Вениаминович, Вы это серьезно?
– Да, Аркадий Петрович, это серьезно.
– Нет, Аркадий Вениаминович, это несерьезно!
Больше всего обижали А.В. Воловика вопросы после споров:
– Аркадий Вениаминович, а Вы в армии служили?
– Аркадий Петрович, какое отношение к делу это имеет?

Каждый вечер председатель комиссии докладывал в Москву: «Товарищ полковник, докладывает майор Араловец. Работа комиссии проходит нормально».

Споры велись по приводу. Д.Г. Ким настаивал на варианте ОГК, другие члены комиссии были настроены принять кулисно-винтовой привод, представленный уже от ЦКБА. В конце концов подполковник Сысоев решил ускорить процесс, применив совершенно нетактичный прием. В то время в Китае шла «культурная революция», и отношения наших стран были крайне обостренными. Сысоев во время спора заявил, что Ким действует в пользу Китая и хочет оставить ракетные войска без гермоклапанов. Всем стало неудобно, мы отругали Сысоева, а председатель комиссии предложил ему покинуть помещение. Бедный Дмитрий Григорьевич страшно обиделся и тоже вышел. Комиссия приняла решение поставить на производство кулисно-винтовой привод. Вечером председатель комиссии доложил в Москву: «Работа комиссии завершена».

Полковник Боголюбов заявил, что завтра же приедет разбираться, так как такое дело не может быть закончено в столь короткие сроки. На следующий день он приехал, забраковал акт, указав, правда, как нужно расположить готовый материал. Вся комиссия вооружилась ножницами и клеем и привела акт в соответствие с требованиями заказчиков. Акт перепечатали и поздно вечером подписали.

Началось освоение новой продукции. Заказчики подключили к ее изготовлению предприятия Министерств оборонной и авиационной промышленности. Гермоклапаны поручили изготавливать Луганскому заводу фрезерных станков (условное название), а электроприводы – Днепропетровскому агрегатному заводу, изготавливающему насосы и элементы топливной, воздушной и масляной систем самолетов, и Запорожскому авиамоторному заводу.

Аркадий Воловик месяцами жил в Луганске, где долго не могли наладить производство арматуры. Экономическое положение завода ухудшилось, и его работники стали говорить: «На заводе завелся какой-то гермоклапан».

Запорожский моторный завод быстро согласовал с нами переход на принятую в авиастроении систему чертежного хозяйства и без проблем освоил производство. Ездить туда в командировку было несложно, так как работники завода относились к нам, разработчикам, как к своим главным конструкторам.

Днепропетровский же завод копался в мелочах, постоянно жаловался начальству, там мне приходилось бывать чаще. Однажды там подняли вопрос, что привод не развивает нужный крутящий момент.

По этому поводу на завод в командировку направили директора ЦКБА А.З. Качкачева. С ним отправился и я. Пришли на стенд, включили привод, я обратил внимание, что в конце хода скорость двигателя падает, следовательно, не обеспечивается нужное напряжение. Электропитание было подведено к стенду через тонкие осветительные провода, поэтому именно на них возникают потери. Я потребовал подключить электропривод к специальным проводам нужного сечения. После опробования оказалось, что привод обеспечивает нужный крутящий момент с большим запасом. Вопрос был быстро снят к великому удовольствию моего директора.

В дальнейшем пришлось создать специальную бригаду из конструкторов недавно организованного Украинского филиала ЦКБА под руководством моего коллеги Тиграна Ованесовича Тер-Матеосянца. Эта бригада в течение месяца переиздала чертежи под систему, принятую в авиационной промышленности.

Мы с А.В. Воловиком вернулись к исполнению своих обязанностей. Аркадий обладал оптимизмом и хорошим чувством юмора. Его комната находилась напротив кабинета старшего представителя заказчика от ракетных войск Владимира Ильича Ярошевского. Однажды Аркадию позвонила жена Ярошевского и попросила посмотреть, на месте ли Владимир Ильич. Аркадий вышел, вернулся и сказал, что на месте его нет. Через некоторое время жена снова просит посмотреть, на месте ли Владимир Ильич. Аркадий посмотрел и сказал, что Владимира Ильича на месте нет. Тогда следует просьба посмотреть, висит ли на вешалке шинель Владимира Ильича. Аркадию стало уже не по себе, но он вышел, посмотрел и сказал, что шинель Владимира Ильича на месте. Его спрашивают: «Простите, а кто у телефона?» Аркадий отвечает: «Феликс Эдмундович!» Через десять минут раздается звонок Ярошевского: «Феликс Эдмундович?» «Да, да». «Говорит Владимир Ильич».

Эту историю еще долго вспоминали в ЦКБА.

Эпопея с гермоклапанами благополучно закончилась. Ряд сотрудников ЦКБА был награжден орденами и медалями.

Новая история с другими гермоклапанами возникла через 15 лет

В 1979 году по заказу Министерства обороны были разработаны гермоклапаны второго поколения. Ивано-Франковский завод изготовил их опытные образцы, а «Тулаэлектропривод» – электроприводы. Гермоклапан диаметром 1200 мм был доставлен в Тулу для использования в качестве стенда при испытаниях электроприводов. При наработке на отказ у электроприводов стали разрушаться червячные валы в местах соединения с ручным приводом. В этих местах на валах были выполнены прорези, в которые входили штифты, предназначенные для выталкивания вала ручного привода при первом обороте червяка. Этот узел оказался слабым, и валы регулярно ломались. Завод не смог решить проблему своими силами. Тем временем заказчики стали торопить Минхиммаш с поставкой гермоклапанов, так как они предназначались для новых укрытий правительства и, в первую очередь, обитателей Кремля.

В то время начальником Главпромарматуры был очень резкий и

многословный Анатолий Георгиевич Караваев. Он срочно вызвал к себе меня и главного инженера завода Виктора Ионовича Гагаева. В течение получаса шла воспитательная работа, закончившаяся поручением немедленно садиться в машину и уже к вечеру представить почасовой график работ. Выйдя из кабинета начальника, я стал торопить Виктора Ионовича с отъездом, на что тот возразил: «Не суетись, все равно я отправил шофера за мясом, колбасой и другими продуктами и он вернется только к двум часам». На мой вопрос, как же быть с поручением, Гагаев посоветовал уйти на другой этаж и не показываться на глаза Караваеву. Я так и поступил. Как обычно, в главке всегда были вопросы, требующие консультаций головной организации – ЦКБА, поэтому скучать не пришлось. На глаза Караваеву я все-таки попался, но он был уже занят другими проблемами и никак не отреагировал на вопиющее с моей точки зрения нарушение дисциплины.

На следующее утро я позавтракал и стал ждать приезда В.И. Гагаева, но время шло, а никто не приезжал. Я начал нервничать. Мне уже казалось, что главный инженер на работе, а меня не хочет забирать, и что будет, если позвонит Караваев и спросит про график, а ему скажут, что меня нет на заводе. Я вышел из гостиницы и на такси приехал на завод. Мне сказали, что Гагаев в командировке. Я отправился к конструкторам выяснять подробности проблемы. Главный инженер появился только после обеда и упрекнул меня в том, что я его не подождал.

Мои же мысли были заняты поиском решения. Было ясно, что причина поломок – чрезмерная концентрация напряжений в конструкции вала. В кабинете главного инженера в книжном шкафу стояли тома превосходного «Справочника металлиста». Я попросил один из томов, и, изучив соответствующий раздел, на следующий день высказал на совещании специалистов свои предложения. Было необходимо ввести галтель (радиус) в месте перехода вала на меньший диаметр, закруглить острые кромки прорези, назначить новый режим термообработки с введением режима отпуска. Кроме того, термообработку предлагалось вести в шахтной печи, подвесив валы в вертикальном положении. Термисты завода сообщили, что все предложенное выполнимо. По каждому пункту следовал вопрос главного инженера, на сколько процентов увеличится прочность. Пришлось фантазировать и говорить, что галтели и закругление острых кромок повысят прочность на пятнадцать процентов, а новый режим термообработки – на двадцать пять. В.И. Гагаев удовлетворенно кивал. Составили и направили в главк график работ, предусматривающий окончание изготовления новых валов в течение недели, а проведение ресурсных испытаний – через двадцать дней. Сформировали и утвердили у директора завода Леонида Иосифовича Данилина состав комиссии по проведению испытаний.

Завод приступил к выполнению намеченных работ. На всех этапах осуществлялся контроль. Мне приходилось утверждать каждое отклонение от принятых решений. Закончилась неделя, все выполнялось в соответствии с графиком.

В конце недели Виктор Ионович пригласил меня в сауну. Владель-

цем вечерних часов работы красиво отделанной в русском стиле бани по пятницам был Тульский патронный завод. Его главный инженер Владимир Михайлович Сидоров оказался близким другом В.И. Гагаева. Они регулярно встречались каждую пятницу. В этот раз, однако, мы приехали первыми, руководители патронного завода задерживались на совещании. В сауне готовили парную два работника завода. Мы взглянули на термометр. Стрелка стояла на отметке 170 градусов. Тем не менее, Виктор Ионович потащил меня на полок. Дышать было невозможно, горячий воздух обжигал нос и рот. Посидев недолго, мы вышли и попросили ребят облить стены водой. Те резко возразили – приедет начальство и, оставшись недовольным, снизит им коэффициент качества труда (в то время шла пятилетка качества и каждое предприятие придумывало свои методики его стимулирования). Пришлось пока воздержаться от парной. Приехавшие директор завода со своими заместителями вошли в горячее помещение и быстро выскочили оттуда. Даже тренированные люди не смогли выдержать чрезмерно высокую температуру. Вылитая на деревянные стены вода мгновенно превратилась в пар, теперь стало возможным принимать банные процедуры.

Тем временем изготовили новые червячные валы, собрали электроприводы. Началась наработка циклов под наблюдением комиссии. Усилился контроль главка. На предприятие был направлен главный конструктор по специальной продукции Николай Яковлевич Корнеев. Он был любознательным и добрым человеком. Придя на завод, он рассказывал: «Представляете, ни у одного прохожего не мог узнать, где находится Куликово поле. Спрашивал и у пожилых, и у молодых, и у людей в шляпах, и в очках, никто не знает. Спасибо один школьник объяснил, что это поле расположено на юге Тульской области».

Скоро появился молодой майор, представитель Министерства обороны из Москвы и сообщил, что хочет принять участие в испытаниях. Мы предложили включить его в комиссию, от чего он отказался. Я, конечно, съязвил: «Вы, как Югославия. В СЭВ не входит, но участвует». У этой фразы было и более острое продолжение. Майор вскочил возмущенный, но потом остыл и принялся выполнять черновую работу – бегал на стенд, считал и записывал число циклов, следил, чтобы перерывы в испытаниях были минимальными, одним словом, оказался очень полезен для ускорения процесса. В назначенный срок испытания закончились без единого отказа, электроприводы были отправлены на Ивано-Франковский арматурный завод, где гермоклапаны с электроприводами также успешно прошли испытания по полной программе и были рекомендованы для постановки на производство.

Отсечные клапаны

Проблема создания надежного аварийного отключения ядерного реактора на атомных подводных лодках всегда была актуальной. На первых сериях лодок для этой цели применялись самодействующие задвижки с гидроприводами, в которых в качестве рабочей среды использовался теплоноситель. Конструкция этих задвижек была созда-

на талантливым конструктором ЦКБА Иваном Михайловичем Новиковым в начале 50-х годов и получила название «бессальниковый затвор». При повреждении системы с возникновением значительных утечек (чаще всего это происходило из-за течи парогенераторов) крайне ненадежных конструкций по причине плохой сварки теплообменных трубок из нержавеющей стали. Давление в системе падало, возникал перепад давления до и после задвижек, приводящий в действие гидропривод, который быстро закрывал проход. Эти и последующие конструкции отсечных устройств изготавливал завод «Знамя труда». Поскольку параметры среды были высокими (давление до 200 атмосфер, температура 300 градусов), и арматура была недоступна для обслуживания, к ее надежности предъявлялись крайне высокие требования. Тем не менее, ни одной серьезной аварии из-за арматуры не было.

Проблемы возникали только при первых пусках энергетических установок. Причина заключалась в невозможности тщательной очистки трубопроводов после монтажа, несмотря на продувку, промывку спиртом и горячим дистиллятом всех систем. В результате разогрева и охлаждения при переменном давлении грязь и остатки сварочного грата попадали в теплоноситель. Грязь попадала на уплотнительные и трущиеся поверхности арматуры и приводов, из-за чего затруднялось перемещение подвижных деталей. Приходилось после первых пусков разбирать и очищать все детали затворов. Зато чистые системы и арматура в дальнейшем работали безукоризненно.

Бессальниковые затворы использовались на подводных лодках и первых атомных ледоколах много лет. После ухода И.М. Новикова на пенсию в 1962 году конструкторское сопровождение изготовления затворов вел не менее талантливый специалист Владимир Борисович Дегтерев. Позже, когда промышленность освоила производство надежных парогенераторов из титана, актуальность самодействующей защитной арматуры уменьшилась, и на более поздних проектах стали применяться электроприводные задвижки. Их изготовление поручили одному из четырежды орденоносных оборонных заводов в Горьком.

Освоение новой для неспециализированного предприятия продукции проходило с большими трудностями. На заводе длительное время постоянно присутствовала бригада специалистов ЦКБА. Мне, конструктору электроприводов, в 1964 году также пришлось пробыть на заводе две недели, чтобы обеспечить герметичность коробки управления электроприводом, поставляемой одним из приборостроительных заводов. В командировке для нас не существовало обычного распорядка дня. Работать приходилось с восьми часов утра до десяти вечера. Начальник технического отдела распорядился организовать выход одного из сотрудников отдела во вторую смену, чтобы не оставлять меня одного в вечернее время.

Герметичность задвижки удалось получить только после отработки процесса притирки с обеспечением чистоты уплотнительных поверхностей четыре треугольника десять. Для проверки заданной чистоты поверхностей заводу пришлось специально приобрести дорогой прибор – интерферометр. Тогда специалисты еще не знали, что для на-

дежной герметичности важна не столько чистота, сколько геометрические параметры поверхностей – плоскостность, волнистость и другие, что позже научно обосновали Сергей Владимирович Сейнов и Андрей Иванович Гошко. Притиркой параметры формы, конечно, обеспечивались, но довольно трудоемким путем.

Над проектами энергетических установок для новых поколений атомных подводных лодок работали несколько специализированных КБ. В середине семидесятых годов ЦКБА было поручено создать отсечной клапан DN 300, PN 200 с гидроприводом и закрыванием от пружин. Конструкторы создали внушительное сооружение высотой более двух метров и массой более тонны. Усилие для обеспечения герметичности потребовалось около 300 тонн. Изготовление клапанов поручили одному из мощных заводов в Подольске. Когда изготовили опытные образцы, возникла следующая проблема. После открытия гидроприводом положение штока фиксировалось стопорами, воспринимающими усилие мощных пружин. Для быстрого закрытия стопоры отдельными приводами выдергивались из-под опорного диска. При этом громадные контактные давления вызывали задиры на наплавленных твердыми наплавками поверхностях.

Для решения проблемы подключились ученые из Ленинградского головного НИИ по сварке и наплавкам «Прометей». Подбирались наплавочные материалы, различные технологии, но добиться положительного результата не удавалось в течение длительного времени. Не лучшим образом вел себя и военпред на заводе, требуя оформления лишних документов на каждое техническое решение, в том числе и мелкие, находящиеся в компетенции главного конструктора, чем очень задерживал отработку конструкции. Специалисты «Прометея», казалось, перепробовали все, но дело двигалось в тупик. Я, будучи главным инженером ЦКБА, пригласил главного сварщика НПО «Знамя Труда» Ивана Ивановича Карасева и попросил его собрать всю новую информацию по открытым и секретным отчетам и другим публикациям, касающимся противозадирных наплавок. Через несколько дней Иван Иванович сообщил, что один из специалистов ВНИИНМАШа, занимающегося технологическими процессами изготовления оборудования для тепловых энергетических установок, разработал новый наплавочный материал ЦН–18, показавший очень хорошие противозадирные качества. Но этому специалисту чинят препятствия как в своем институте, поскольку он допускает неблагоприятные высказывания о советской системе, так и в ЦНИИ «Прометей», который не признает новую наплавку и категорически отказывается включить ее в перечень материалов, разрешенных для применения на ядерных энергетических установках.

Пришлось искать способ преодолеть эти трудности, тем более, что изготовление оборудования для нового оборонного заказа находилось под жестким контролем ЦК КПСС и Совета Министров СССР. Наше министерство постоянно угрожало всяческими карами, если клапан не будет сдан в кратчайшие сроки. В то время контроль и координация выполнения оборонных заказов осуществлялось оперативными группами, создаваемыми Военно-промышленной комиссией

ЦК КПСС и Совета Министров. На заседание опергруппы по заказу, для которого был разработан отсечной клапан, был вызван один из ее членов – начальник Управления специальных производств Минхиммаша Евгений Иванович Налоев. Он потребовал участия в заседании руководства ЦКБА. В Москву выехали я и заместитель начальника отдела клапанов Александр Иосифович Свердлов. Перед заседанием мы доложили Е.И. Налоеву состояние дел в надежде, что он как представитель министерства выступит с деловыми предложениями. Он же только «стращал» нас, говоря, что «на опергруппы приезжают главные инженеры, а уезжают уже старшие».

Заседание опергруппы проходило в Министерстве судостроительной промышленности СССР под председательством заместителя министра Белоусова. От флота в работе участвовал заместитель Министра обороны адмирал Котов. Не успели мы войти в зал заседания Коллегии Минсудпрома, как Евгений Иванович бросил нас и чуть ли не бегом помчался занимать место для членов опергруппы, кресла для которых стояли полукругом на небольшом возвышении. Мы с Александром Иосифовичем заняли места за одним из столов в зале. О состоянии дел докладывали представители министерств, главные конструкторы и строители. Евгений Иванович благоразумно молчал. Почти все выступающие подвергались резкой критике, как правило, в грубой форме. Я почувствовал, что А.И. Свердлов, сидящий рядом, сильно нервничает. Его колени под столом била крупная дрожь. Как мог, я успокаивал его. Когда все запланированные выступления были закончены, председательствующий спросил, есть ли дополнительные сообщения. Я поднял руку и был приглашен на трибуну. В своей речи пожаловался на ЦНИИ «Прометей» и на действия военпреда, несмотря на протестующие жесты Налоева. Главный инженер «Прометея» Игорь Горынин оправдывался тем, что у института нет достаточного опыта применения наплавки ЦН-18. Тем не менее, ему было поручено принять соответствующее решение.

После закрытия заседания ко мне подошел секретарь комиссии с просьбой сформулировать решение для протокола. По его поведению я почувствовал, что мое выступление было непривычным и понравилось ему. Несмотря на протесты представителя «Прометея», он под мою диктовку записал в протокол: «ЦНИИ «Прометей» разрешить применение наплавки ЦН-18 в деталях отсечных клапанов и включить ее в перечень рекомендуемых для применения в оборудовании для ядерных энергетических установок». Время подтвердило правильность этого решения, клапаны успешно прошли испытания. Правда, «Прометей» так и не включил ЦН-18 в перечень рекомендованных наплавок, и ее производство не было налажено. Что касается военпреда, то он позвонил мне буквально на следующий день после возвращения из командировки и спросил, нужна ли его помощь и не нужно ли приехать в Ленинград для разговора. Судя по всему, он получил хороший нагоняй от своего высокого начальства.

Шаровые краны

В конце шестидесятых Президент Украинской академии наук ака-

демик Б.Е. Патон выдвинул идею строительства магистральных газопроводов диаметром 2500 миллиметров. Это предложение понравилось Председателю Совета Министров СССР А.Н. Косыгину, и всем министерствам было дано поручение основательно проработать вопрос. Западные фирмы увидели возможность хорошо заработать, и ассоциация французских арматуростроителей предложила поставить шаровые краны для этого газопровода. После обсуждений было решено, чтобы советские арматуростроители ознакомились с производственными возможностями французских фирм, а французские специалисты – советских. Договорились, что делегации специалистов посетят соответствующие предприятия за счет принимающей стороны. Во главе советской делегации был назначен главный инженер ЦКБА О.Н. Заринский, он предложил включить в делегацию меня, тогда начальника отдела приводов, а министерство рекомендовало кандидатуру заместителя главного инженера Пензенского завода «Тяжпромарматура» М.А. Неврюзина. В качестве переводчицы по рекомендации ЦК ВЛКСМ в делегацию была включена аспирантка МГИМО Наташа. Темой ее диссертации было «Молодежное движение во Франции».

Перед вылетом в Париж делегация в полном составе прибыла на Старую площадь в Москве. Сотрудник ЦК КПСС инструктировал нас, что можно, а что нельзя делать командированным за рубеж. Из инструктажа запомнилось, что не стоит запирать чемодан в гостинице. Все равно спецслужбы сорвут замок и перетряхнут весь багаж. Нельзя было также появляться на Плас Пигаль, чтобы не уронить свой престиж.

Имеющий опыт зарубежных поездок О.Н. Заринский поручил нам запастись колбасой твердого копчения по килограмму на каждого, хрустящими хлебцами, кофе со сгущенным молоком. Все это и было куплено в Москве. В качестве сувениров мы купили водку «Столичная», пластинки с записью ростовских колокольных звонов и много значков с видами Ленинграда, Москвы, символикой СССР.

Самолет ИЛ-62, выполнивший рейс Москва–Париж, в аэропорту Орли встречал представитель фирмы, ответственной за прием, мсье Роже. Он доставил нас в скромную гостиницу в центре Парижа на улице Георга V, сказав, что места нам заказало торгпредство СССР. Мы с О.Н. Заринским разместились в большом номере вдвоем, а М.А. Неврюзин и Наташа – в небольших комнатах. Мсье Роже вручил нам программу пребывания, а мы ему – сувениры.

В тот же вечер мы отправились осматривать Париж. Пешком прошли на Елисейские поля, получили по чеку в банке командировочные франки, купили карту Парижа, наметили объекты для осмотра. Особенно хотелось посмотреть Эйфелеву башню, Собор Парижской богоматери, Лувр, Дом инвалидов, Собор Сан Дени, остальное – как получится. Для осмотра достопримечательностей можно было использовать выходные дни и свободное время после рабочего дня. Но в первый же вечер О.Н. Заринский повел нас на Плас Пигаль. Как говорится, запретный плод сладок. В метро наша переводчица Наташа совершенно растерялась. Пришлось нам осваивать на практике ори-

ентирование с помощью карты. Главным было найти конечную станцию нужной линии, а потом искать это направление на указателях переходов. Надо сказать, что ничего интересного на площади и окружающих улицах мы не обнаружили, было совершенно пустынно. Разочарованные, мы решили вернуться в отель. Одна из ближних к отелю станций метро находилась у площади Звезды в начале Елисейских полей. Мы доехали до нее и, поднявшись на поверхность, прошли по центральным улицам Парижа, удивляясь обилию магазинов, кафе, бистро, работавших поздним вечером.

На следующий день мсье Роже сказал, что вчера он с друзьями провел прекрасный вечер. Они слушали пластинку и пили русскую водку. Роже ознакомил нас с программой пребывания. Французы выбрали для посещения мощные заводы в Лионе и Сент-Этьене, на реке Луаре, располагающие хорошими возможностями по изготовлению стальных отливок массой более ста тонн, а также завод на севере Франции неподалеку от Дюнкерка, специализирующийся на изготовлении толстостенных сварных емкостей из штампованных заготовок для химии и нефтепереработки. По нашей просьбе в список были включены фирмы «АМРИ» и «ПОРЕЙ» в Париже, «НАЙРПИК» в Гренобле и некоторые другие арматурные компании. На вопрос Роже, какие театры мы хотели бы посетить, Заринский спросил, куда приглашали заместителя министра газовой промышленности Боксермана, недавно вернувшегося из Франции. Оказалось, что это было кабаре «Мулен Руж». Мы пожелали того же.

Но прежде всего нам необходимо было посетить посольство СССР. Там нас зарегистрировали и потребовали, чтобы мы перед убытием сдали им отчет о выполнении программы и получили от них подтверждение правильности расходования валюты.

Программа начала осуществляться. Все, что мы видели на предприятиях, записывалось вечером в блокноты для составления отчета посольству и министерству.

Для общения с нами фирма пригласила переводчика мсье Петрофф, пожилого человека с коротко подстриженными усиками. Стройность и выправка свидетельствовали о военной выучке. Оказалось, что мсье Петрофф окончил кадетский корпус на Садовой улице в Петрограде, эмигрировал в 1917 году. Позже он немного рассказал о семье. Один из его сыновей имел алжирское, а другой – британское подданство. Во Франции каждый житель по достижении совершеннолетия мог выбрать любое гражданство.

Первой фирмой, которую мы посетили, была компания «АМРИ». Производство мы не посмотрели, визит ограничился беседой в офисе. Фирма была ведущей в изготовлении поворотных затворов с приводами своего производства. Шаровые краны не были ее специализацией.

На следующий день наша делегация отправилась на север Франции, в город Велансьон. Там нас приняла компания по производству сферических резервуаров для химических и нефтеперерабатывающих производств. Резервуары сваривались из лепестковых заготовок. Лепестки из довольно толстого металла, подвешенные в горизонтальном

положении на цепях, заводились вручную рабочим в рабочую зону пресса между пуансоном со сферическим бойком и матрицей со сферическим углублением большего диаметра. Мощный гидравлический пресс деформировал металл. Затем заготовку перемещали, снова включали пресс, расширяя зону деформации. Таким образом через пресс пропускалась вся заготовка. В результате получался элемент сферической емкости. Французы подчеркивали близость к предприятию канала с выходом в море и наличие оборудованных причалов для погрузки негабаритных тяжеловесных грузов. После осмотра завода нас отвезли к морю у Дюнкерка, где был высажен десант союзных войск во время Второй мировой войны. В Дюнкерке мы обедали в ресторане «Дары моря». В качестве основного блюда подали плов с устрицами, улитками, лягушачьими лапками и различными сортами рыбы. Блюдо оказалось вкусным, но скоро хозяева заметили, что М. Неврюзин не притрагивается к еде. На вопрос, почему, он сказал, что такую гадость не ест. Ему немедленно принесли ломоть громадного лосося, еле поместившегося на большой тарелке. Мы даже позавидовали ему. Переночевав в небольшой гостинице, на следующий день мы отправились в Париж.

Был субботний день, на улицах маленьких городков, которые мы проезжали, царило оживление. Все эти городки имели главную площадь, вокруг которой была обозначена «Зона блю», место, где нельзя оставлять автомобили на длительный срок. На центральных площадях, как правило, были установлены памятники знаменитым жителям этих городков. Один из них оказался известным пиратом времен парусного флота. Яркие витрины магазинов и сувенирных киосков были для нас непривычны. Кафе, как в пригородах, так и в столице были оригинально оформлены – цветные скатерти и такого же тона салфетки, цветы в маленьких вазочках – все создавало уютную и оригинальную атмосферу. Это резко отличалось от наших безликих и одинаковых столовых и закусочных.

В девять часов вечера мы отправились в «Мулен Руж», где мсье Роже назначил нам встречу. Мы ждали его в вестибюле среди богатой публики, одетой в вечерние туалеты. Наконец, появился нарядный мсье Роже с очаровательной супругой, и мы направились в зал. Зал был устроен амфитеатром полукругом вокруг сцены. Нас усадили за один из столиков, официант взял заказ и принес большую, литра на полтора, бутылку шампанского и жареную курицу. Тем временем на сцене выступала певица под аккомпанемент аккордеона. Подошел фотограф и сфотографировал нашу компанию. Официант получил плату за ужин. Погас свет в зале, началось основное отделение. Это был обыкновенное эстрадное представление, пели шансонье, фокусник показывал незамысловатые фокусы. В темноте к нашему столику пробрался фотограф и вручил всем по групповому снимку, а также по две картонных коробочки спичек с персональной фотографией на каждой. В заключительной части концерта вышли прелестные танцовщицы, некоторые из которых были обнажены выше пояса и держали на поводках борзых. Танцовщицы исполнили незамысловатый танец. Последним номером ис-

полнялся знаменитый канкан. В заключение на сцену вышли все участники представления, полураздетые девушки вошли в небольшие тележки, подвешенные на монорельсах, тележки стали двигаться над столиками. Девушки посылали каждому посетителю воздушные поцелуи, бросали цветы и разноцветные шары. Гости приветствовали артисток аплодисментами.

На следующий день, в воскресенье, мы отправились бродить по Парижу. Посетили Собор Парижской богоматери, Лувр, Дом инвалидов с гробницей Наполеона, поднялись на Эйфелевую башню. Погода стояла ясная, мы любовались панорамой города. На площадке работало почтовое отделение, я купил несколько открыток с видами достопримечательностей Парижа и отправил их домой и друзьям-филателистам, так как открытки гасились специальным штемпелем с изображением главного символа столицы Франции.

К вечеру мы устали и проголодались. О.Н. Заринский предложил зайти в ресторанчик перекусить. Мы засомневались, сможем ли сделать заказ, ведь переводчицы с нами не было, однако Олег Николаевич сказал, что знает, как сказать по-французски «курица». Мы решились, зашли, сели за столик, и Заринский сказал официанту: «Ле кулей». Официант что-то горячо возразил, но мы только пожимали плечами. Наконец, после легкой паники к нам подошел старичок и сообщил: «Господа, Вы заказали очень редкую рыбу, такие заказы ресторан принимает предварительно, не меньше, чем за неделю». Когда мы сказали, что хотим попросить всего лишь жареную курицу, а старичок объяснил это французам, поднялся хохот. Мы тоже от души посмеялись над познаниями во французском языке нашего руководителя.

На следующий день делегация отправилась на поезде в Сент-Этьен, где находился большой машиностроительный завод с мощным литейным цехом. Нам показали отливки для судовых штевней массой по 120–130 тонн, отлитые из одной плавки. Это впечатляло. Возможности завода, действительно, позволяли производить серьезное оборудование. В качестве сувениров нам подарили по фотографии батискафа, изготовленного предприятием для профессора Пикара. В этом батискафе ученый опустился на дно Марианской впадины на глубину 11 000 метров. Аппарат выдержал колоссальное давление 1100 атмосфер, все его системы отработали без сбоев.

На фирмах Франции существует обычай угощать гостей обедом. Нас привезли в старинный трехэтажный особняк, богато украшенный лепниной в стиле барокко. Прежде, чем посадить за стол, был предложен аперитив на выбор – коктейли, водка, другие крепкие и безалкогольные напитки. В меню обеда входили салат, протертый суп-пюре, бифштекс или другие блюда из мяса и рыбы. Официанты наполнили бокалы вином и затем следили, чтобы они не оставались пустыми. После обеда все встали и отправились в гостиную курить, пить кофе и коньяк. Позже делегацию посадили в поезд, который через два часа прибыл на один из парижских вокзалов. Сопровождавший нас мсье Барро попросил подождать, подошел к входу в подземный гараж, откуда служитель вывел его автомобиль, оставленный там перед поездкой. Такой сервис был для нас удивительной новинкой.

На следующий день мы отправились на фирму «ПОРЕЙ», которую знали по каталогам как изготовителя сварных задвижек диаметром прохода до трех метров. Фирма оказалась небольшой, не была в числе процветающих. Многое делалось без оснастки, вручную. Тут с блеском проявил себя Мунир Неврюзин. Зная до тонкостей технологию, он учил специалистов фирмы, как рационально кроить заготовки, набросал эскизы простых приспособлений для фиксирования деталей в процессе сварки. Французы не могли понять, почему потенциальный конкурент так легко делится с ними своими знаниями. Обедать отправились в пригородный ресторанчик по пути к Парижу. После обеда французы попросили официанта вызвать из Парижа такси, в ожидании которого стали угощать нас коньяком. Сели за отдельный столик, перед каждым гостем поставили маленькие бокальчики, на донышко которых официант налил немного ароматного напитка. Хозяева взяли бокальчики в руки, с удовольствием нюхали и маленькими глоточками отпивали содержимое. Мы же не трогали свои бокалы, но, не дождавшись тостов, переглянувшись, выпили их залпом. Хозяева тут же попросили официантов налить нам еще. Через некоторое время подъехала машина и доставила нас к гостинице.

На следующий день мы отправились на поезде в Гренобль. Там мы ознакомились с производством фирмы «НАЙРПИК». Нас провели по нескольким цехам. Проходя через одну из лабораторий, мы увидели шаровый кран диаметром прохода около 300 миллиметров, весь обклеенный тензодатчиками. Мы попросили объяснить суть эксперимента, но нас быстро выпроводили из лаборатории. Что-либо объяснять по экспериментам не входило в программу посещения. После традиционного обеда нас посадили в поезд, и мы благополучно прибыли в Париж. На этом программа закончилась, мы отчитались в посольстве о технической стороне и финансовых затратах и отбыли в Москву. После Парижа Москва ночью оказалась почти не освещенной, витрины магазинов выглядели очень бедно и тускло, но мы были на Родине. Теперь предстояло принять ответный визит французов.

В следующем, 1969 году, в июле из министерства сообщили о прибытии французской делегации в составе четырех специалистов. Из знакомых среди них был только мсье Барро, кроме него прибыли два инженера из фирмы «НАЙРПИК» и инженер завода в Веланьсоне. Директор ЦКБА и опытного завода «Знамя Труда» Серафим Иванович Косых поручил мне и иженеру ЦКБА по внешним связям Евгению Прохоренко работать с французами. Программой пребывания предусматривалось посещение Мышегского арматурного завода и Пензенского завода «Тяжпромарматура». Зная уровень советского сервиса и положения с гостиницами, министерство предложило французам заблаговременно приобрести туры «Интуриста».

В Москве делегация разместилась в гостинице «Россия». После предварительных переговоров в министерстве началось выполнение программы. В бюро обслуживания «Интуриста» я заказал шесть билетов в Большой театр и оплатил их стоимость. Накануне спектакля бюро обслуживания подтвердило заказ и сообщило, что билеты можно взять непосредственно перед спектаклем. Однако в назначенное вре-

мя мне ответили, что билетов нет, и вернули деньги. Как я ни уговаривал сотрудников бюро обслуживания выручить нас, на все следовало: «Нет, нет и нет». Мы с переводчицей решили показать гостям Москву. Французы спустились в холл гостиницы красиво одетыми, мсье Барро был в бабочке. С большим стыдом мы объяснили им, что поход в театр не состоится по причине болезни ведущего актера, и предложили сесть в такси для прогулки по Москве. А куда ехать? Решили – на смотровую площадку на Воробьевых горах, потом на Кутузовский проспект, затем к Останкинской телебашне, где угостить гостей ужином. Но везде ждали неприятности. На Кутузовском единственная достопримечательность – это Триумфальная арка, возведенная в честь победы над Наполеоном. В ресторан телебашни нас не пустили, потребовав уплатить валютой. В то время иметь валюту считалось уголовным преступлением, а обращаться к гостям по этому поводу было неудобно.

На Мышегский завод в Алексин делегацию сопровождал Женя Прохоренко. Посещение завода прошло хорошо. Женя рассказал, что во время переезда из Москвы в Алексин французы были крайне удивлены, увидев на шоссе женщин, вскрывающих асфальт отбойными молотками. Отвечая на удивленные вопросы, он объяснил гостям, что женщины так упорно боролись за свое равноправие, что в итоге получили его в полной мере.

Днем раньше я покупал билеты в Пензу. Несмотря на настойчивую просьбу оформить билеты на чистый и удобный фирменный поезд «Сура», я получил отказ. Оказывается, иностранцам запрещалось пользоваться пассажирскими поездами. Мне выдали билеты на скорый поезд Москва–Ашхабад. Это оказалось сущим наказанием. Когда мы вошли в вагон, сразу наткнулись на людей, одетых в халаты и тюбетейки, расположившихся на мешках в тамбуре. В вагоне стояла духота. Проводница вагона сказала, что у нее нет предохранителей для кондиционера. Только после долгих уговоров она вспомнила, что предохранители ей дал знакомый электрик. Но наша радость оказалась преждевременной, Ночью кондиционер не работал. Утром французы вышли из купе, держась за головы. Проводница заявила, что ночью кондиционер она отключила, так как пассажиры спят и им все равно. Я отправился в вагон-ресторан договариваться о завтраке. Директор ресторана бойко торговал пивом из ящиков, занимавших треть помещения. Но, тем не менее, мне удалось уговорить его освободить столик и приготовить яичницу и кофе с булочкой. Он сказал, что через пятнадцать минут можно приводить делегацию, все будет на столе. Моему возмущению не было предела, когда в ресторане оказалось, что все столики заняты, о нас никто не беспокоится. Только после хорошей встряски мне удалось оторвать директора от ящиков с пивом. Все-таки нас усадили, принесли яичницу, бутерброды с маслом и так называемый кофе с молоком, отличавшийся полным отсутствием запаха кофе.

К счастью, поезд вскоре прибыл в Пензу. Нас встретили работники «Пензтяжпромарматуры», погрузили чемоданы в машину и отвезли в гостиницу, несмотря на то, что через семь часов мы должны были уехать обратно. Я тут же попросил заместителя директора по хозяй-

ственной части обменять наши билеты на фирменный поезд «Сура». Через двадцать минут мы отправились на завод. Недавно построенный завод был хорошо прибран. Около проходной и на территории хорошо смотрелись клумбы с цветами. Директор завода Сергей Николаевич Атрощенко встретил гостей в проходной и пригласил в кабинет. Он рассказал о своем новом и современном заводе, с гордостью показал стоявшие в подставках почетные знамена министерства, области и района, а затем сказал, что в первом отделе хранится знамя ЦК КПСС и ВЦСПС, которым завод был награжден как победитель социалистического соревнования в честь пятидесятилетия Октябрьской революции, и спросил гостей, не хотят ли они его посмотреть. Те пожали плечами. Тогда директор нажал кнопку пульта и сказал, чтобы внесли знамя. Через несколько минут дверь распахнулась и, чеканя шаг, зашел начальник первого отдела со знаменем наперевес. Щелкнув каблуками и древком знамени, он произнес: «Здравия желаю». Сергей Николаевич подошел к нему, ласково погладил полотнище и сказал, что под это знамя завод получил тридцать две тысячи премиальных. Французы были тронуты.

После знакомства все отправились по цехам. Вернувшись в кабинет, директор спросил гостей об их впечатлениях. Они сказали, что убедились в интенсивной работе, отметили, что стружка синяя, но оборудования для изготовления шаровых кранов диаметром 2500 мм на заводе нет, чем очень огорчили Сергея Николаевича.

Всех пригласили обедать в столовую, где в комнате для руководящего состава был накрыт стол. Изысканных закусок на столе стояло в изобилии. Между ними теснились бутылки с водкой и редким по тем временам коньяком. Директор провозгласил тост в честь гостей, все выпили и принялись закусывать. Сергей Николаевич предложил гостям коньяку, однако они отказались, чем поставили хозяев в трудное положение. Глава стола продолжал настаивать, но гости упорно отказывались. Они сказали, что если выпьют коньяк, их спросят, хорош ли он. А так как хороший коньяк бывает только во Франции, им будет неудобно сказать плохо об угощении. Ждали ответного тоста, но французы молчали. Пришлось провозглашать тосты другим руководителям завода, После нескольких объемных рюмок водки хозяевам все-таки удалось склонить гостей к коньяку, который те стали пить без всяких комментариев к удовольствию присутствующих.

После обеда делегацию посадили в машины и повезли показывать достопримечательности города. Поскольку это была первая иностранная делегация в закрытой тогда Пензе, по всему маршруту, согласованному заранее, за кортежем наблюдали. В то время в Пензе еще не было «Золотого петушка», «Засеки», «Дома рыбака», популярных сегодня, гостей отвезли в парк на горе, откуда была видна панорама города. Подошло время отъезда. Гостеприимные пензяки выполнили нашу просьбу и обеспечили билеты на «Суру», поэтому обратное путешествие оказалось гораздо приятнее.

В Москве, в Минхиммаше состоялась заключительная встреча с участием специалистов Мингазпрома, и мы распрощались с гостями.

Позже, после проработки, специалисты пришли к выводу о нецелесообразности строительства газопровода такого большого диаметра, тем более в связи с тем, что Выксунский трубный завод не смог наладить производство многослойных труб, на которые документацию выдал Киевский институт сварки, так как полную герметичность между слоями обеспечить не удалось, и под давлением газа слои металла выдавливались внутрь трубы. Нам же с главным инженером Главпромарматуры А.А. Заком пришлось специально ехать к Б.Е. Патону, чтобы снять задание Государственного плана на проектирование и освоение производства многослойных шаровых кранов.

Сельское хозяйство

Осенью 1969 года руководство ЦКБА направило меня в Гатчину на свинооткормочный комплекс совхоза «Новый свет» по поручению обкома партии. Я предупредил заместителя начальника отдела регулирующей арматуры Николая Ивановича Макарова о завтрашнем выезде.

Следующим утром мы появились в кабинете директора комплекса И.С. Бахраха и он рассказал суть проблемы. Свинооткормочный комплекс представлял собой производство, организованное на промышленных принципах. Проектом предусматривалось приготовление корма сразу на группу свинарников на три тысячи голов каждый в одном кормоцехе. В громадном котле паром разогревались пищевые отходы, которые собирали на лестничных площадках домов четырехмиллионного города. Добавлялся комбикорм, витамины, микроэлементы, все вместе варилось, затем из котла корм перекачивался в прочную емкость, она герметично закрывалась, в нее подавался сжатый воздух. Корм по трубам диаметром около 200 мм выдавливался в бункеры вместимостью около 3 кубических метров, установленных на каждом свинарнике. Из бункеров по наклонным трубопроводам корм должен был поступать в кормушки по всей длине свинарника, а это более 100 метров. Проблема заключалась в том, что густой корм не выходил из бункеров, его приходилось разбавлять водой. Остатки корма прокисали, удалять их из бункеров было трудно, поэтому варили жиденькое пойло, а в свинарниках бедные свинарки таскали вручную мешки с сухим комбикормом и досыпали его в кормушки. До последних кормушек дотащить мешки уже не было сил. Директор комплекса просил как можно скорее решить проблему, так как привес составлял не более 50 граммов в сутки, много заболеваний и падежа. Голодные свиньи становятся каннибалами – отгрызают друг другу хвосты и пьют кровь.

Мы отправились в кормоцех и в свинарники. Нас заставили надеть поверх пальто белые халаты, а на ноги – галоши. При выходе из здания и перед каждым свинарником нужно было сделать несколько шагов через ванну с раствором хлорной извести. В кормоцехе мы осмотрели котлы, систему автоматики и отправились в свинарник.

Картина, представшая перед нами, была удручающей. Тощие, горбатые и длинноногие свиньи не хотели лежать на деревянном

наклонном полу. Их спины были в пятнах от зеленки, которой замазывали следы укусов, царапин и уколов. Стоял страшный визг. Воздух был пропитан запахом навоза и аммиака. Хотелось скорее убежать оттуда.

Перед отъездом мы спросили, где можно посмотреть работающую систему кормления, аналогичную увиденной. Нам рекомендовали совхоз «Ручьи», который тогда еще находился за чертой Ленинграда. В этом совхозе все оказалось гораздо миниатюрней, в свинарниках не было бункеров, а корм из накопителя в кормоцехе выдавливался прямо в кормушки. Обслуживающий персонал был доволен работой оборудования.

На следующий день я собрал начальников отделов и попросил их поставить задачу перед сотрудниками. К вечеру ко мне пришли Н.И. Макаров с руководителем группы отдела Л.Х. Фельдманом и конструктором И.Н. Разинским. Они предложили закрывать горловину бункера с кормом клапаном с электроприводом, а потом сжатым воздухом выдавливать корм по кормушкам. Идея понравилась, но нужно было оценить степень риска – ведь бункеры не были рассчитаны на работу под давлением. Решили начать разработку проекта.

На следующее утро ко мне пришли Н.И. Макаров с руководителем группы его отдела В.А. Зверевым. Они предложили использовать вместо электроприводов пневмоприводы мембранного типа. Это исключало необходимость подвода силового электропитания, позволяло проще решить задачу защиты от коррозии (мы видели в свинарнике неокрашенные стальные конструкции, покрытые рыхлой и пушистой ржавчиной от воздействия паров аммиака).

Решили форсированно дать чертежи и перечень оборудования, которое необходимо дополнительно заказать. Из этого оборудования понадобились только регуляторы давления и листовая прорезиненная ткань, из которой нужно было изготовить мембраны для пневмоприводов. Остальные материалы и комплектующие изделия нашлись на заводе.

После обсуждения решили подавать в бункер воздух под давлением, не превышающим 0,5 атмосфер, при котором необходимость согласования с Котлонадзором, составления паспортов на бункеры как на оборудование, работающее под давлением, не требовалось.

Скоро привезли два регулятора давления «после себя» с Бытошского арматурного завода. Регуляторы передали на опытно-экспериментальный участок, где их разобрали, почистили, притерли уплотнительные поверхности, испытали. Несмотря на давность разработки (возможно, еще инженерами АО «Лангензипен и К°») регуляторы неплохо работали. Вскоре изготовили отсечные клапаны, смонтировали щит управления. Монтажом и опытной эксплуатацией занимался инженер отдела электроприводов Геннадий Дмитриевич Мармурок, крупный добродушный мужчина, мастер «золотые руки». Схемой предусматривалось, что пневмоприводом управляет воздух под давлением 4–6 атмосфер, после закрытия отсечного клапана в бункер подавался через регуляторы воздух под давлением 0,5 атмосферы. Предусматривались также блокировки безопасности. При превышении

давления в бункере выше проектного, отсечные клапаны открывались и выпускали сжатый воздух.

За два дня смонтировали щит управления и отсечные клапаны на двух бункерах. Попросили кормоцех сварить корм погуще. К вечеру состоялся пробный пуск. Г.Д. Мармурок управлял системой в свинарнике, а мы с Н.И. Макаровым залезли на крышу к бункеру. Из кормоцеха начал поступать корм. Но что это? Из щели между верхней кромкой горловины и пневмоприводом полетели во все стороны комья корма. Мы спрятались за вентиляционными трубами, так как корм буквально засыпал нас. Подача корма продолжалась около 30 секунд. За это время наши пальто, брюки стали пятнистыми и к тому же дурно пахнущими. Мы спустились вниз, где Геннадий Дмитриевич нажал соответствующие кнопки и открыл задвижку на кормопроводе. Под давлением воздуха корм прекрасно доходил до самых последних кормушек. Основная задача была решена. Мы поднялись снова на крышу и стали размышлять, почему корм вылетает наружу. Причиной было то, что тарелка отсечного клапана в открытом положении останавливалась напротив трубопровода из кормоцеха. Корм, поступая под давлением из трубы, ударялся о тарелку и частично поднимался вверх, разлетаясь вокруг.

Мы решили прорезать конусную часть бункера напротив входа трубы, вставить в щель металлический лист, который служил бы отражателем, и приварить его. Отражатель решили поставить под острым углом к направлению подающей трубы, чтобы вылетающий из нее корм, отразившись от листа, закручивался около стенок бункера. С этим решением втроем уехали в Ленинград. На следующее утро направились в совхоз со сварщиком. Когда подошли к «нашему» свинарнику, оказалось что оба отсечных клапана лежат на крыше. Свинарки сказали, что пришел главный инженер, увидел разбросанный корм, спросил, как это произошло, и приказал снять клапаны с бункеров и выкинуть. Пришлось монтировать клапаны заново.

Быстро вставили и заварили отражатели. Попросили кормоцех подать корм в свинарник. На этот раз все прошло нормально.

Весь корм хорошо распределился по бункеру. Мы с Николаем Ивановичем оформили протокол с директором. В протоколе говорилось, что ЦКБА передает совхозу «Новый свет» отсечные клапаны для опытной эксплуатации. Первые две недели эксплуатацию осуществляет наш персонал. Г.Д. Мармурок уже предупрежден, ему было поручено две недели обучать свинарок и кормить поросят.

Мне пришлось еще раза три побывать в совхозе. Насколько резко изменилась обстановка! Спокойные сытые свиньи тихо спали в своих загонах. Довольные свинарки боготворили Геннадия Дмитриевича. Уже через четыре дня привес достиг 200 граммов в день. Кормоцех по заданию главного специалиста совхоза варил корм все гуще и гуще. Г.Д. Мармурок возмущался: «Представляете? Они довели содержание твердого вещества в корме до 65 %! Корм рассыпается в руках! Это намного гуще, чем предусмотрено проектом!» Но система справлялась. К концу второй недели ежедневный привес составил 635 граммов. Привес ста тысяч свиней составил около 600 тонн в день. Колоссальный экономический эффект!

За многие годы работы в арматуростроении не было случая, когда на установленную на объектах арматуру или приводы не потребовали бы акты приемки, гарантии, эксплуатационную документацию. Но тогда ни разу по поводу установленных отсечных клапанов никто не позвонил. По-видимому, проектанты комплекса заэскизировали и ввели в проекты нашу разработку, ведь она оказалась очень эффективной.

Предохранительные клапаны

Поздней осенью 1973 года Ленинградская атомная станция готовилась к пуску. На первом блоке был закончен монтаж оборудования, поставленного только советскими предприятиями. Такова была воля самого влиятельного и авторитетного министра Ефима Павловича Славского. Уникальный реактор небывалой в то время мощности, изготовленный Ижорским заводом, турбогенератор Харьковского турбинного завода и Электросилы, много впервые примененных технических решений – все это делало пуск АЭС сложной задачей. После опробования систем от постороннего источника пара выявилось много неполадок. Поскольку пуск ЛАЭС был включен в государственный план страны, все министерства взяли под строжайший контроль устранение предприятиями выявленных недостатков.

Летом 1973 года я был назначен главным инженером ЦКБА. В октябре последовал вызов в Министерство, где первый заместитель министра А.Г. Руцкой приказал немедленно отбыть на ЛАЭС, в кратчайший срок устранить замечания, ежедневно докладывать ему лично по служебному или домашнему телефону о ходе работ.

Оформив командировку и пропуск в пограничную зону, мы с начальником отдела предохранительной и регулирующей арматуры ЦКБА И.Х. Пайкиным сели в пригородный поезд и отправились в Сосновый Бор. В то время расстояние около ста километров требовало более четырех часов пути. Сначала за окнами проплывали знакомые пейзажи. После Ораниенбаума начиналась одноколейная дорога с долгими стоянками на разъездах. Осенняя пора с ярко-красными осинами и желтыми березами, сосновыми лесами с одной стороны пути и просторами Финского залива с другой скрашивала долгий путь. Город Сосновый Бор, спроектированный тем же институтом, что и АЭС, произвел неожиданно хорошее впечатление. При постройке были сохранены сосны между проездами и домами. Края улиц, углублявшихся в рельефе, были красиво укреплены стенками из природного гранита. АЭС расположена в 5–6 километрах от городка.

Административный корпус еще не был построен, производственный блок станции и громадная труба, к которой подводились вентиляционные каналы из всех помещений, пока представляли собой фасад внушительных размеров. Нам оформили пропуска и разместили в общежитии. Тут жили представители предприятий из всех регионов СССР. Соседями по комнате были главный конструктор Чеховского арматурного завода Минтяжмаша Г.А. Чистяков, впоследствии ставший директором этого завода, и специалист одного из заводов Минприбора, которого звали Володя. В соседней комнате жили специалисты Харьковского турбинного завода.

Несмотря на большое количество совершенно новой арматуры, разработанной ЦКБА и изготовленной арматурными предприятиями специально для ЛАЭС, – около 75 наименований (всего на комплектацию блока потребовалось более 20 тысяч единиц), единственное замечание по арматуре Минхиммаша относилось к предохранительным клапанам. На двух больших емкостях, заполненных водой, – барботерах было установлено по восьми главных предохранительных клапанов с диаметром входного патрубка 400 мм. Это не были предохранительные клапаны в прямом смысле слова, а, скорее, быстрооткрывающиеся клапаны с пневматическими приводами и пружинами для закрывания. Клапаны управлялись от импульсных предохранительных клапанов, установленных в обслуживаемом помещении.

На каждый главный клапан было установлено по два импульсных, срабатывающих от превышения давления в барботерах. Барботеры предназначались для отбора тепла в случае, если возникала необходимость отключить пар от турбин. В барботерах с проточной водой острый пар конденсировался, давление падало до рабочего 12,65 атмосфер. При превышении этого давления пар выбрасывался в атмосферу. Неисправность заключалась в том, что поршни почти всех главных клапанов заклинило и половина из них не закрылась. Давления пара для открывания было недостаточно. Подводящие трубопроводы к импульсным предохранительным клапанам имели малый диаметр и много изгибов. Несмотря на то, что линии подвода пара были тупиковыми, конденсатоотводчики на них не устанавливались, и сконденсированный пар терял большую часть давления.

Было решено разбирать и ремонтировать главные клапаны на месте. Одновременно проводились работы по замене золотников на импульсных клапанах – устанавливались золотники с более высококачественной наплавкой. При разборке главных клапанов оказалось, что во время продувок и срабатывания из паропроводов больших диаметров в предохранительные клапаны вдувалось много грязи, окалины, сварочного грата, несмотря на то, что каждый трубопровод был промыт, продут и сдан специальной комиссии. Попавшие в зазор между поршнем и цилиндром крупные и твердые частицы заклинили трущиеся пары, сделав глубокие борозды на них. Поэтому часть клапанов заклинило полностью, а золотники остальных перемещались с трудом.

Ремонт заключался в промывке, зачистке и полировке задиров на поверхностях цилиндров и поршней. Параллельно проводилась работа и на импульсных клапанах. Но вот исправлять трубопроводы подвода пара к ним монтажники не приступали.

Из соображений секретности все телефоны на ЛАЭС были недоступны для специалистов предприятий, поэтому докладывать руководству в Москву приходилось по вечерам из городского почтового отделения. Поскольку АЭС еще не приносила городу никаких доходов, узел связи был типичным для небольшого российского городка – две стеклянные будки и очень плохая слышимость. В очереди все невольно входили в курс дела по неполадкам систем станции. Когда на следующий день начальник цеха наладки Михаил Пантелеевич Уманец,

ставший после 1986 года директором Чернобыльской АЭС, говорил нам, что только из-за нас ЛАЭС не могут запустить, мы парировали, что еще не заменили тысячу датчиков на тепловыделяющих каналах, идет доводка строительных конструкций вокруг реактора и т.п. Он удивлялся: «Откуда Вы все это знаете?», а мы только хитро улыбались. При очередном докладе А.Г. Руцкому последовало указание: послезавтра в девять утра быть в Министерстве, Е.П. Славский будет проводить оперативное совещание для обеспечения своевременного пуска станции. Как оказалось, на это совещание были вызваны руководители всех министерств, представители которых находились на станции. Они также были вызваны в Москву. Сосед по общежитию – Володя, занимающийся датчиками, неоднократно говорил о своей мечте – обзавестись фирменным комбинезоном – красивым, белым, блестящим, облегающим фигуру. Свое желание он объяснял так: «Приезжаю я в гараж, выхожу из машины и все чумазые соседи и друзья откроют рты от удивления, увидев водителя в белоснежном наряде». Вечером на вокзале я увидел Володю на перроне, переминающимся с ноги на ногу. На мой вопрос, в чем дело, он страдальчески ответил, что комбинезон на нем, под одеждой, но поскольку никаких прорезей для «жизнеобеспечения» в нем не было, он с нетерпением ожидал отправления поезда.

На следующий день А.Г. Руцкой приказал мне садиться с ним в машину, по дороге ввести в курс дел и сообщить, какие вопросы нужно решить на совещании. Особых вопросов не было, кроме одного нерешенного: замены трубопроводов подвода пара к импульсным клапанам. Их надо было сделать прямыми и увеличить диаметр.

Александр Георгиевич приободрился, решительно вошел в кабинет и сел рядом со Славским. Когда очередь дошла до Минхиммаша, Руцкой возмущенно и энергично обвинил атомщиков в неумении проектировать системы и решительно потребовал немедленно исправить паропровод. Поскольку других вопросов по Минхиммашу не возникло, мы ушли с совещания с гордым видом. Руцкой приказал мне немедленно возвращаться на станцию. Вернулись и представители других министерств.

Приближался день пуска. На станции появились академики Александров, Доллежаль и другие ученые, главные конструкторы станции и систем. Я доложил о готовности нашего оборудования. И.Х. Пайкин после определения недостатков уехал, прислав вместо себя своего заместителя Б.С. Явича, который к моменту пуска приболел и также отбыл в Ленинград.

Начали разогревать реактор. К концу рабочего дня я со слесарем НПО «Знамя труда» В.П. Константиновым по громадному коридору по самом верху корпуса блока обошли места установки импульсных клапанов. Эти предохранительные клапаны были установлены под потолком, на высоте около четырех метров от пола. Для доступа к клапанам стояли деревянные передвижные леса. Чтобы поближе осмотреть клапаны, я поднялся по лесам и потрогал трубопроводы. Подводящий трубопровод заметно теплел. Но что это? Трубопровод от импульсного клапана к главному тоже был теплым! Та же картина на соседнем

клапане. Это значило, что пар проходит через клапан, т. е. он негерметичен! Спустившись вниз и передвинув леса, мы убедились, что подводящие и отводящие патрубки имеют одинаковую температуру у всех тридцати двух клапанов. Я дал указание слесарю опускать как можно ниже рычаг, с которым были соединены по два громадных электромагнита, предназначенных для электрического принудительного открытия и закрытия клапанов от электроманометров. Рычаг должен был нажимать на золотник, чтобы прижать его к седлу. Но этого не получалось. Я позвонил М.П. Уманцу и рассказал о ситуации. Он немедленно пришел, спросил, что мы намерены предпринять. Поскольку складывалось впечатление, что для прижатия золотника не хватает каких-то долей миллиметра, мы сообщили решение – принимать меры, чтобы опустить рычаг. Уманец ушел. Мы продолжали работу. Но вот рычаг лег на сварную раму, к которой были прикреплены электромагниты. Вызвали газорезчика, я приказал вырезать часть рамы против рычага, что и было сделано. Теперь рычаг уперся в электромагнит. Решили ослабить крепление электромагнита и опустить его, насколько хватит длины крепежных шпилек. Но и это не помогло.

Сижу на лесах напротив клапана, думаю, что еще можно сделать. Примчался Уманец, спрашивает, что делать с реактором, нужно ли его выводить. Я его сгоряча послал куда подальше, сказал, что мне не до реактора, когда нет решения по клапанам. Уманец выругался и убежал. Времени уже час ночи, никакого начальства на станции нет. Через некоторое время пришел начальник смены – должностное лицо, полностью ответственное за все действия по работе станции, поднялся на леса, потрогал трубы и молча ушел. Трубопроводы становились все горячее. Тогда рождается решение – снять рычаг и изогнуть его так, чтобы дать возможность прижать золотник, но не нарушить взаимодействия с электромагнитами.

Сняли рычаг, засунули его конец в отверстие шарнирной муфты дистанционного управления задвижками, нагрели газовой горелкой место сгиба, согнули рычаг примерно на 45 градусов, затем нагрели в другом месте и согнули его в противоположном направлении. Слесарь грел, я гнул без всякого шаблона, «на глазок». Поставили рычаг на место, соединили с другими деталями. Рычаг нажал на золотник, нагрев выходного патрубка прекратился. Клапан стал герметичным!

Работали всю ночь. В девять утра меня приглашают на центральный пульт к председателю Государственной комиссии – первому заместителю Е.П. Славского – Н.А. Семенову. Он спросил, что произошло, что делается, отругал меня всякими словами и пригрозил посадить в тюрьму. В это время Семенову докладывают, что на станцию прибыл генеральный директор «Знамя труда» С.И. Косых, секретарь парткома А.И. Захаров и главный конструктор В.В. Ширяев. Председатель Госкомиссии почему-то обрадовался, закричал: «Давай его немедленно сюда!» Я попросил разрешения самому вынести пропуск на проходную. Хотелось предупредить свое руководство о происшествии и ввести его в курс дела.

Увидев меня после бессонной ночи, мои руководители встревожи-

лись, я сказал, что не могу понять, почему так произошло. В.В. Ширяев тут же бросился к телетайпу и связался с конструкторским отделом ЦКБА. Ему сообщили, что золотники для клапанов заменены новыми, при этом они были заказаны из комплекта модернизированных клапанов, для которых применяются размером на два миллиметра короче. Вот почему не хватало хода рычага!

Мне почему-то вспомнились стихи Н.А. Некрасова о том, как на Сенной злоумышленников били кнутом, и сгоряча я даже пожалел, что этот вид наказания отменен.

С.И. Косых как опытный руководитель, конечно, не пошел к председателю Государственной комиссии, а, поднявшись наверх, осмотрел место событий. К этому времени слесари со станции спешно снимали и гнули рычаги, собирали их, причем информация о ходе работ немедленно поступала к Н.А. Семенову.

К Семенову мы пришли часа через три. Серафим Иванович представился, сообщил, что из тридцати двух клапанов исправлено уже восемнадцать. Председатель комиссии только слегка пожурил его. По-видимому, и обстановка уже не выглядела трагичной. Он даже похвалил секретаря парткома за то, что тот контролирует и обеспечивает партийное руководство коллективом ленинградских арматуростроителей.

К концу дня все клапаны были исправлены, а на следующее утро Н.А. Семенов пожал мне руку и сказал, что всю ночь слушал, как срабатывают главные клапаны. Рев шестнадцати клапанов Ду 400, открывающихся одновременно, был слышен далеко за пределами станции.

Конечно же, в кратчайшие сроки все тридцать два клапана были заменены новыми. Прав был Козьма Прутков: «От малых причин бывают великие последствия...»

Вскоре дали пар на турбину, турбогенератор заработал, открутили положенные 72 часа под нагрузкой. Счастью наших соседей по общежитию – харьковских турбостроителей – не было предела: ведь кроме удовлетворения от результатов проверки завод получал стабильные заказы по комплектации следующих блоков АЭС на многие годы вперед.

Однако наши проблемы с предохранительными клапанами на этом этапе не кончились. Оказалось, что пропускной способности предохранительных клапанов не хватает для выхода блока на полную мощность. Пришлось ученым-энергетикам дать рекомендации по ограничению нагрузки реактора, а ЦКБА и Пензенскому ПО «Тяжпромарматура» создать и поставить комплекты предохранительных клапанов диаметром условного прохода 600 миллиметров.

Однажды во время проверки режимов работы паросиловой установки при различных вариантах загрузки неожиданно сработали все предохранительные клапаны на барботерах и в главном контуре. Здание чувствительно тряхнуло, от рева выпускаемого пара закладывало уши. Находящийся на центральном пульте управления главный инженер станции А.П. Еперин велел аварийно останавливать реактор. Однако по инструкции главным на блоке во время работы был начальник смены. К сожалению, я не запомнил имени специалиста высокого

класса Дрожжина, который громко объявил: «Отставить остановку! Выполнять только мои команды!» Умело манипулируя переключениями агрегатов, он в считанные минуты стабилизировал работу установки. Хладнокровные и грамотные действия мастера своего дела позволили избежать аварийной обстановки, разбирательств комиссий и других проволочек.

Первый блок ЛАЭС был введен в действие ко Дню энергетика – 21 декабря 1973 года и до сих пор успешно работает, а между ЦКБА, арматурными заводами и ЛАЭС сложились хорошие деловые и дружеские отношения.

Надежность арматуры

К концу дня в пятницу раздался резкий звонок из Москвы. Начальник Главка Ю.Б. Рохлов строго приказывает по личному указанию министра немедленно вылететь на Балаковскую атомную станцию, так как серьезная авария связана с предохранительными клапанами. Бегом оформили командировку, выписали деньги. Дело было в 1985 году в промежутке между праздниками 1 и 9 мая, поэтому опыт подсказывал – билетов ни на поезд, ни на самолет не достать. Пришлось просить первого заместителя директора ЦКБА М.И. Власова подписать письмо начальнику Центральных касс Аэрофлота выделить одно место из его резерва на ближайший рейс в Саратов. Михаил Иванович не только подписал, но предложил поехать к начальнику вместе. К счастью, одно место оставалось. Рейс должен был выполняться в 12 часов на следующий день. Обычная история. Чемоданчик со сменой белья, тапочками, спортивными брюками стоял, как обычно, наготове. В десять часов отправился на самолет. Однако объявление по радио и на табло гласило: «Задержка рейса по техническим причинам». Как оказалось, самолет АН-42, которые собирали в Саратове, на родном аэродроме при рулежке потерял одно шасси и перекрыл взлетно-посадочную полосу. Из аэропорта я решил не уезжать, а терпеливо ждать. Вылет состоялся после 1 часа ночи. В три часа мы были в Саратовском аэропорту. Первый рейс на Балаково местным авиарейсом назначен на 9.00. Поэтому я отправился на пристань узнать о водном пути. Оказалось, что первый «Метеор» будет в 5 утра, четыре часа хода и прибудет около 9 часов в Балаково. Я решил ждать на пристани. Погода стояла теплая, тихая. Речной вокзал располагался на возвышении. С откоса хорошо смотрелась ночная Волга с огоньками судов. Красота необыкновенная. В ожидании быстро пролетело время.

В 5 часов катер отвалил и, взревев моторами, двинулся вверх по реке. Мимо проплывали поля, луга, промышленные пейзажи. Но бессонная ночь сказалась – я незаметно задремал. Балаково – небольшой городок с чистыми и уютными улицами не торопился просыпаться в воскресный день. Расспросив случайных прохожих, я нашел автобусную остановку, с которой доставлялись строители и рабочие на АЭС. Но после долгого ожидания оказалось, что автобусы ходят только на смену и в обеденный перерыв. В выходной день ждать бесполезно. Пришлось воспользоваться такси. Пока ехали к АЭС, спросил у шофера, что произошло на станции. Он говорит, что весь город встре-

вожен из-за аварии. Не подняло настроение заключение таксиста: «Говорят, что виноваты в аварии какие-то предохранительные клапаны». Эти слова еще больше встревожили.

На станции главный инженер оказался на месте. Спросив, с какого предприятия и по какому вопросу я прибыл, он сказал, что приехал я зря. Предохранительные клапаны должны были сработать и они нормально сработали, поэтому к ним претензий нет.

На станции уже сутки находился начальник отдела атомного машиностроения министерства Юрий Николаевич Шикин. Он оформил мне пропуск и показал место аварии и два предохранительных клапана Благовещенского арматурного завода. Взглянув на эти клапаны, я испытал почти физическое страдание: они были оторваны от подводящих трубопроводов, причем фланцы и крепеж оказались целы. Толщина фланцев свидетельствовала о давлении 16 атмосфер. Многочисленные вмятины и забоины на крышках и корпусах клапанов говорили о том, что после разрушения трубопровода клапаны бились о стальные конструкции, отлетали и бились снова. Одним словом, жалкое зрелище. Защитные колпачки, закрывающие узел регулировки пружин, были уже опломбированы персоналом станции. Отвинтить их разрешили только после испытаний, по специальному решению комиссии.

Юрий Николаевич рассказал об аварии. Саратовский обком КПСС очень хотел рапортовать о пуске станции к 1 Мая, поэтому настоял на организации работ по наладке оборудования параллельно механикам, электрикам и специалистам по приборам и автоматике. Пар в систему первого контура давлением 100 атмосфер и температурой более 200 градусов подавался от мощной тепловой электростанции.

Схемой установки оборудования предусматривалось, что в случае аварии первый контур соединялся с охлаждающим контуром на давление 30 атмосфер, в котором отбиралось тепло от теплоносителя. Рабочий и охлаждающий контуры отсекались друг от друга двумя последовательно установленными быстродействующими задвижками на 100 атмосфер. Предохранительные клапаны были установлены на входе в охлаждающий контур.

Во время проведения наладочных работ одна из задвижек фирмы «Бабкок» была открыта из-за неисправности. По-видимому, случайно был подан сигнал на открытие второй задвижки, и пар полным потоком устремился в охлаждающий контур. Предохранительные клапаны взревели и открылись. Поскольку отводящие патрубки были развернуты в направлении входа, реактивная сила от мощной струи пара оторвала оба клапана от подводящих трубопроводов и резко отбросила их на конструкции и другое оборудование. Весь накопленный и дополнительно подававшийся пар за считанные секунды заполнил объем под оболочкой над реакторным блоком и захлопнул проходные люки, а температура быстро поднялась почти до 200 градусов.

Ю.Н. Шикин вместе с начальником цеха наладки станции спроектировали простой стенд для испытаний клапанов. Стенд представлял собой перевернутый баллон и трубы малого диаметра с запорными кранами перед и за предохранительным клапаном. Насос нагнетает

воду в баллон, сжимая воздух. При давлении настройки предохранительный клапан открывается, а после падения давления закрывается. Оба аварийных клапана были поставлены на испытания без всякой ревизии. Оказалось, что, несмотря на внешние повреждения, клапаны превосходно выдержали испытания, т.е. сохранили герметичность до открытия и после закрытия, четко открывались при давлении настройки и закрывались в допустимом диапазоне давления. Причем оказалось, что клапаны на станции не подвергались настройке. Один открывался при тринадцати, а второй – при четырнадцати атмосферах. Был составлен акт о превосходной работоспособности клапанов. После испытаний в присутствии комиссии пломбы были вскрыты и защитные колпаки сняты. К удивлению членов комиссии под колпаками оказались изогнутые отрезки труб диаметром около 20 мм, которые при испытаниях систем препятствовали сжатию пружин и открытию клапанов. Нашли рабочего, который вставлял трубки под колпаки. Он сказал, что сделал это по указанию начальника цеха для проведения гидравлических испытаний, а не изъял потому, что таких указаний не получил. Позже специалисты сделали расчет давления, при котором должны были деформироваться трубки. Оно оказалось более 80 атмосфер.

Несмотря на горечь из-за аварии, чувство гордости за родную продукцию переходило в радость. Ведь предохранительные клапаны на шестнадцать атмосфер выдержали восемьдесят, были повреждены ударами и тем не менее показали блестящие результаты на испытаниях. Добрую память, добрые слова и уважение заслуживает начальник конструкторского отдела Гипронефтемаша Леонид Васильевич Колотилов, автор конструкции, заслуживают благодарности и главные инженеры Благовещенского арматурного завода, конструкторы, технологи, рабочие и контролеры этого завода, сохранившие высокие эксплуатационные качества арматуры, спроектированной еще в сороковые годы.

На следующий день на станцию приехали начальник ОТК и слесарь-сборщик предохранительных клапанов Благовещенского арматурного завода. Поскольку работы по испытаниям клапанов были закончены, для них работы уже не было. Слесарь расстроился и сказал, что зря привез абразивные камни для притирки золотников. Камни для притирки были для нас откровением. Слесари «Знамя труда» никогда не пользовались абразивами. Притирка осуществлялась пастой, а притиры использовались только с наплавкой твердыми сплавами. Контроль поверхности проводился при помощи лупы многократного увеличения, чтобы увидеть мельчайшие царапины или дефекты наплавки.

Поэтому я подробно расспросил слесаря из Благовещенска, как он притирает золотники. Слесарь рассказал, что в обычном абразивном круге выполняется другим камнем углубление несколько большего диаметра, чем диаметр золотника, затем обильно натирается свиным салом. Золотник клапана укрепляется на вращающемся вертикальном штоке. Слесарь три раза подводит круг к вращающемуся золотнику и нажимает на него. Если сделать меньше или больше нажатий, то воз-

никают трудности при сдаче изделия после сборки, – негерметичность при подъеме испытательного давления и снижении его после посадки золотника на седло, неполный подъем золотника при срабатывании предохранительного клапана, посадка золотника на седло при давлении ниже заданного нормативными документами. Я сделал вывод, что каждый клапан на заводе тщательно контролируется при приемке ОТК. Поблагодарив слесаря, я пригласил его приехать в Ленинград и продемонстрировать процесс притирки. Приглашение было направлено на Благовещенский арматурный завод, но осталось без внимания.

Следует отметить, что кафедра Московского института химического машиностроения под руководством профессора Л.Д. Никифорова исследовала характеристики контактирующих поверхностей, обеспечивающих герметичность. Учеными было установлено, что для этого не обязательна высокая чистота обработки. Можно получить герметичное соединение на деталях, обработанных на токарных станках. Главное – чтобы была обеспечена геометрически точная форма – плоскость у задвижек, сфера в кранах и т.п. На эту тему защищены диссертации проф. С.В. Сейновым, Вице-президентом Научно-Промышленной Ассоциации Арматуростроителей, А.И. Гошко, его заместителем, т.е. наука подтвердила жизненный опыт производственников Благовещенского арматурного завода.

О ходе работ на станции докладывали ежедневно в Москву, а начальник отдела министерства – министру: «К клапанам претензий пока нет». Я же – начальнику Главпромарматуры: «К клапанам претензий нет и не будет». Министр нервничал до последнего дня, а начальник отдела думал, что тем самым он подчеркивает свою значимость и незаменимость. Но жизнь решает по-другому.

Задвижки

Самолет ТУ-154 набрал высоту и взял курс на восток. В салоне среди пассажиров удобно расположились генеральный директор НПО «Знамя труда» Серафим Иванович Косых, начальник сектора отдела задвижек ЦКБА Спартак Ахметович Махмутов, конструктор этого отдела Саша Ананьев, начальник отдела технических расчетов Ромео Александрович Азарашвили, его заместитель Ефим Маркович Крисятецкий и я, главный инженер ЦКБА. Целью полета было выполнение приказания Министра химического и нефтяного машиностроения К.И. Брехова обеспечить сдачу первых задвижек на только что построенном Усть-Каменогорском заводе. На завод направлялись также главный инженер Главного управления промышленной арматуры Минхиммаша Алексей Александрович Зак, начальник Технического управления Александр Михайлович Васильев, заместитель начальника Управления труда и заработной платы Вера Сергеевна Алексеева. На заводе постоянно находился главный конструктор проекта Алма-Атинского ГИПРОНИИХИММАШа Александр Владимирович Магер. Непосредственное участие в работах принимали директор завода Анатолий Федорович Курочкин, главный инженер Олег Георгиевич Волянский, главный технолог Юрий Васильевич Сюшан, главный

конструктор Николай Васильевич Чумаков, его заместитель Георгий Петрович Кресс, начальник отдела стандартизации Яков Карлович Эрдман. Представители министерства и головной конструкторской организации были обязаны помочь новому заводу скорее начать производство, снабдить его средствами для оплаты труда персонала, подготовки производства, освоения новой техники. Но главное – все-таки задвижка. Первая, изготовленная по чертежам ЦКБА, не выдержала испытаний давлением, потекла в соединении корпус–крышка.

В полете я перебирал в памяти свои сведения о задвижках. Параллельные или клиновые? Параллельные задвижки известны много лет. В каталоге АО «Лангензипен и К°» параллельные задвижки, подобные которым изготавливают многие заводы, назывались «клапаны Лудло». Вполне надежная конструкция, преимуществом которой является двухдисковый затвор. Каждый диск прилегает к своей уплотнительной поверхности, поэтому легко обеспечить герметичность. Задвижки достаточно долговечны. В восьмидесятые годы лопнула крышка чугунной задвижки, установленной в трубопроводе Ду 600 водоснабжения Санкт-Петербурга на углу Невского и Литейного проспектов. Когда задвижку осмотрели, оказалось, что она изготовлена в 1898 году, т.е. прослужила более девяноста лет. Уплотнительные кольца были изготовлены из красной меди, что позволило обеспечить хорошую герметичность. Позже стали применять бронзу, а с началом массового выпуска – мягкую латунь. Кольца удавалось раскатывать в канавках и обеспечивать герметичное соединение, но при наработке уже малого числа циклов уплотнительные поверхности задирались друг о друга, и задвижки быстро теряли работоспособность. Пытаясь добиться герметичности, эксплуатационный персонал увеличивал усилие, прикладываемое к маховику, в результате чего в задвижках выдавливалось дно. Потребители стали отказываться от параллельных задвижек, ошибочно считая, что они негерметичны по определению.

Встревоженный складывающейся ситуацией, директор Георгиевского арматурного завода, изготавливавшего ежегодно более полумиллиона параллельных задвижек, А.В. Мишин приехал в ЦКБА требовать решения. Заменили мягкую латунь более качественной и столкнулись с невозможностью обеспечить герметичность между уплотнительными кольцами и стенками канавок, так как было очень трудно деформировать кольца так, чтобы они плотно прилегали к стенкам и донышку. ЦКБА предложило устанавливать кольца на клей. Быстро подобрали клей, отработали технологию, изготовили и успешно испытали опытные образцы. Заводу передали технологический процесс и планировку участка, направили специалистов для обучения персонала и оказания помощи в освоении технологии. Но клеевой способ не прижился, так как требовал чистоты, обезжиривания деталей, становясь «узким» местом в производстве. Заводские изобретатели во главе с А.В. Мишиным внедрили процесс заливки нержавеющих колец непосредственно в клин, перешли на клиновую конструкцию.

В задвижке Усть-Каменогорского завода в связи с отсутствием литья был применен прокат – лист толщиной 40, 50 и 130 мм. В конструкции крышки применялись эллиптические днища, для клина

были использованы сферические днища. В одном из них со смещением от центра вырезалось отверстие, в которое вставлялось другое днище, соединение заваривалось. Получался типичный упругий клин. Как выяснилось позже при эксплуатации задвижек на нефтеперекачивающих станциях, этот клин оказался чересчур упругим. С мест эксплуатации стали поступать сигналы о потере герметичности задвижек. При осмотре уплотнительных поверхностей были обнаружены глубокие задиры на верхней части уплотнительных колец корпусов, Чтобы наглядно представить себе поведение клина при воздействии рабочего давления, мною был изготовлен из папье-маше макет клина в одну двадцатую величины. Для формирования сферы использовалась обычная электрическая лампочка. Когда макет был положен на два карандаша, имитировавшие направляющие в корпусе задвижки, и клин был прижат дополнительным усилием, верхняя часть клина в результате деформации стала существенно выступать за плоскость уплотнения. Поскольку обычно уплотнительная поверхность клина делается более твердой, она наносит риски на уплотнительной поверхности корпуса. Пришлось ввести дополнительную деталь между полудисками клина, увеличив его жесткость.

Но все это выяснилось потом, через два года, а пока нужно было срочно изменить конструкцию, чтобы уменьшить деформацию фланцев корпуса и крышки. При анализе чертежей и технических расчетов были найдены возможности уменьшения площади, на которую действует давление среды в соединении корпус–крышка. Конструкторы разместили уплотнительную канавку далеко от кромки внутренней полости, обойдя сварные швы. Выслушав мнения всех специалистов, решили перенести канавку ближе к внутренней кромке. Минимальное расстояние выбиралось, учитывая заключение главного технолога Ю.В. Сюшана, основанное на точности станков, измерениях деформаций при термообработке корпуса и крышки после сварки, качестве сварных швов.

У отдела главного конструктора завода еще не было постоянного помещения. Кульманы стояли в галлерее-переходе из административного здания в механический цех. Я попросил Н.В. Чумакова освободить один кульман для нас, сам встал за него и начертил корпус и крышку. Канавку для резинового уплотнительного шнура расположил в десяти миллиметрах от кромки. Канавка пересекала сварные швы, внутренние радиусы закруглений были равны диаметру уплотнительного шнура. Эффективную площадь удалось уменьшить почти на двадцать процентов. Приближением отверстий под соединительные шпильки к стенкам корпуса и крышки достигалась существенная экономия проката. С.А. Махмутов и А.Я. Ананьев окончательно оформили чертежи, Е.М. Крисятецкий и Р.А. Азарашвили выполнили необходимые расчеты. Все принципиальные решения были одобрены С.И. Косых и А.А. Заком.

Обсуждение всех предложений, сомнений и рисков происходило в гостинице «Усть-Каменогорск», где разместилась бригада. Каждый вечер наши руководители и все работники ЦКБА заходили в номер, где жили мы с Сашей Ананьевым. Серафим Иванович спрашивал у Ромео Азарашвили, как правильно заваривать чай. Тот охотно демон-

стрировал, как нужно готовить заварной чайник, греть воду для заварки, доводя ее до закипания «белым ключом» и тут же выключая, сколько заварки класть. Обзавелись мы и казахскими пиалами, про которые говорили: «Удобно – выпьешь водки, поешь щей, потом каши, попьешь чаю, и все из одной посуды». В небольшой кастрюльке научились готовить при помощи киловаттного кипятильника рыбный суп, благо дешевая рыба, картошка и лук всегда были в продаже, не то, что мясо или колбаса. Когда готовили уху первый раз, резко поднявшаяся пена выплеснула на пол приличное количество воды. Пришлось отработать кулинарную технологию. Саша держал вилку кипятильника и при первых признаках поднятия пены выключал его, а после того, как пена садилась, включал снова. Уха всем пришлась по вкусу, казенная еда в столовых и буфетах быстро надоела.

Тем временем завод изготовил первую задвижку по исправленным чертежам. Ее сборка проводилась под нашим наблюдением. Одновременно специалисты обучали инженеров и рабочих правильным приемам притирки, сборки, контроля качества. Вся бригада министерства, ЦКБА, ГИПРОНИИХИММАШа, а также работники завода собрались на стенде. Задвижка уже была заглушена и заполнена водой. Начали поднимать давление. Все затаили дыхание: выдержит – не выдержит? При давлении 60 атмосфер раздался звонкий щелчок. Некоторые участники испытаний переместились в последние ряды. Продолжили подъем давления до условного – 80 атмосфер и сделали остановку на несколько минут. Осмотрели стыки – герметично! Поднимаем давление до пробного 120 атмосфер. Громкие щелчки стали раздаваться чаще. Причиной их появления была деформация упругого клина. Перемещение уплотнительной поверхности клина относительно корпуса происходило рывками со звуковым сопровождением. В стыке фланцев корпуса и крышки появилось несколько капель воды. Сделали выдержку. Течи не было. При осмотре после испытаний никаких следов повреждений на уплотнительных поверхностях не обнаружили. Задвижка была рекомендована для приемочных испытаний.

На приемочных испытаниях на нефтепроводе в башкирском поселке Субханкулово, как и позже в Сургуте, мы увидели японские задвижки шиберного типа, вырезанные по причине потери герметичности. Пружины, прижимающие уплотнительные кольца к шиберу, забились битумом и превратились в камни. Масса этих задвижек составляла 25 тонн. Усть-Каменогорская задвижка весила 11 тонн. Нефтяники были довольны – такую задвижку на любой участок трассы мог доставить обычный вертолет. Довольны они также были и комплектацией задвижек тульскими электроприводами. Объясняли это так: «Вот лежат вырезанные из трубопровода канадские клиновые задвижки. Угол клина в них всего 5 градусов, это сокращает немного строительную длину и уменьшает необходимый для управления крутящий момент, поэтому и электропривод небольшой. Но когда задвижка постоит, мощности привода не хватает для открытия, и электродвигатель сгорает от перегрузки. То ли дело наш – дернет, так дернет, все ему нипочем». Вся бригада улетала из Усть-Каменогорска с чувством удовлетворения и профессиональной гордости.

Затворы

Лето 1979 года наступало неохотно. Погода несколько дней побаловала теплом в начале мая, а потом вернулись холода, дожди с ветром. Ленинградцы после суровой зимы с нетерпением ждали солнца, возможности погреться.

В одной из командировок в Минхиммаш меня пригласил заместитель министра Александр Валерьянович Курамжин. «Мой старинный знакомый, директор Чирчикского электрохимического завода Коган просит прислать специалиста, у них возникли проблемы с арматурой. Вам надлежит в кратчайший срок вылететь в Чирчик и решить все вопросы».

Через пару дней я летел из Ленинграда в Ташкент рейсом Аэрофлота. Моим соседом оказался пассажир в каракулевой папахе, летевший в родные края. Разговорились. Он рассказал, что имеет четырех дочерей и четырех сыновей. Я спросил его, правда ли, что до сих пор на востоке платят калым за невесту. Ответ был: «Конечно. Но мне хорошо, продам дочку, женю сына, продам дочку, женю сына...». Размер калыма оказался близким к стоимости автомобиля. Примерно на такую же сумму семья невесты должна сделать подарки семье жениха. «Где взять такие деньги? У меня двадцать баранов, каждый приносит двух ягнят дважды в год, каждая шкурка стоит двадцать рублей. За содержание на пастбище я плачу один рубль за барана».

Приземлились в Ташкенте. Каким наслаждением было почувствовать жаркое дыхание настоящего сухого среднеазиатского лета! Вечером того же дня я прибыл в Чирчик. Через весь город протекала быстрая река с ледяной водой из горных ручьев. Приятная прохлада ощущалась и в общежитии завода. На небольшом рынке удивили крупные сочные помидоры, горы яркой моркови для плова, по-видимому, натертой на терке. С огромным удовольствием поужинал салатом из помидоров и лука, заправленным хлопковым маслом, так как другого в продаже не было.

На следующее утро я представился директору электрохимзавода, и он поручил работать со мной механику одного из производств. Выяснились претензии к арматуре – поворотный затвор Ду 400 имел большую протечку, а обратные затворы Ду 800 «Пензтяжпромарматуры» и Ду 1200 Алексинского завода «Тяжпромарматура» начинали открываться при большом перепаде давления. По заявлению представителей Невского машиностроительного завода, испытывавших затруднения в сдаче мощных газовых турбин, предназначенных для работы на газообразном аммиаке, только высокий перепад давления на обратных затворах, установленных на входных и выходных газовых трактах, не позволяет им успешно завершить сдаточные работы.

Осмотрев все затворы, я попросил механика изготовить заглушки с патрубками для присоединения шлангов для измерения протечек и противодавления в затворах. До изготовления заглушек у меня было время обдумать необходимые решения. Особенно помог мне в этом находящийся на заводе технический расчет поворотного затвора Ду 400, выполненный конструктором «Пензтяжпромарматуры» Иосифом Григорьевичем Ротенбергом. В хорошо оформленном документе

были приведены кинематическая схема, размеры, взаимодействие усилий, соотношение площадей диска, одним словом, это было прекрасное пособие для анализа условий обеспечения герметичности и расчета давлений открывания затворов. Добросовестно сделанная работа Иосифа Григорьевича заслуживает благодарности.

Обратные затворы заводов были спроектированы по разным конструктивным схемам. У затвора Ду 800 ось вращения была расположена выше оси трубопровода, а для его закрывания служил противовес, расположенный параллельно диску, но с противоположной стороны оси. Если диск установить параллельно направлению потока, противовес расположится вверху, около внутренней поверхности трубопровода. Таким образом, по замыслу конструкторов, освобождалась значительная площадь для потока среды. Однако в жизни получалось иначе – никакой скоростной напор не был в состоянии полностью поднять заслонку. Она висела в промежуточном положении и колебалась с большой частотой, при этом опоры быстро изнашивались.

В обратном затворе Алексинского завода «Тяжпромарматура» ось поворота располагалась ниже оси трубопровода, а противовес для закрывания – непосредственно на диске. Усилие гидродинамического напора легко приводило заслонку почти в горизонтальное положение, она при этом опиралась о выступы корпуса. Никаких колебаний не возникало, а гидравлическое сопротивление было незначительным.

Размышления в поисках путей снижения усилия начала открытия затворов подсказали простое решение – необходимо поворачивать оси затворов из горизонтального положения в направлении к вертикальному. Когда ось займет вертикальное положение, силы сопротивления открыванию исчезнут.

С готовым решением я отправился на завод. В цехе уже стояли обратные затворы с заглушками и присоединенными шлангами. Шланги через клапаны были присоединены к воздушной магистрали. Начали поднимать давление. Диск затвора пришел в движение при давлении, близком к одной атмосфере. Я спросил представителей Невского завода, какое давление начала открывания их устроит. Они ответили – три десятых атмосферы. С помощью рабочих мы стали перекатывать затвор. Примерно через каждые 15 градусов делали остановку и измеряли перепад давления. В положении затвора с осью, расположенной под углом примерно 45 градусов к горизонту, перепад давления, достаточный для открывания, оказался равным пятнадцати сотым атмосферы. Оформили техническое решение, один вопрос был закрыт.

Ненамного больше времени потребовали диагностика и ремонт запорного дискового затвора. В первом разговоре, не получив ответа о количественной величине протечке, я упрекнул работников завода, и, как оказалось, напрасно. Я сказал, что для замера протечек нужно налить бочку воды, опустить в нее стеклянную банку, заполненную водой, в которую завести шланг от затвора. Отметив по секундомеру время, определить, сколько воды вытеснено воздухом из банки. Запорный поворотный затвор был расположен на эстакаде высотой око-

ло десяти метров. Туда и была поднята бочка, приготовлена банка и подведен шланг. Мы поднялись на эстакаду. Я опустил трехлитровую банку в воду, развернул ее горлышком вниз, механик приготовил секундомер, один из рабочих ввел шланг в банку. Когда открыли воздушный клапан перед закрытым затвором, через уплотнение в банку мгновенно вдуло громадный пузырь, банка выскочила из моих рук, а воздух из шланга поднял тучу брызг, окатив всех участников проверки. Пришлось согласиться, что протечка и в самом деле велика и затвор подлежит ремонту.

При осмотре уплотнительной поверхности обнаружились царапины на фторопластовом кольце. Я попросил установить диск затвора в четырехкулачковый патрон токарного станка, исключив перекос и биение с контролем по индикатору. Токарь оказался мастером своего дела. Он аккуратно снял тонкий слой фторопласта, устранив царапины на уплотнительной поверхности. Теперь заглушку установили на повернутом вниз входном патрубке, а на закрытый затвор сверху налили воду. При рабочем давлении ни один пузырек воздуха не прошел через уплотнение в течение часа, т.е. и эта неисправность была устранена. На следующий день я попрощался с директором завода и отправился домой.

В Ташкенте перед вылетом самолета я поехал на ближайший рынок, чтобы купить спелых помидоров. Удалось достать картонную коробку, в которую продавцы уложили красивые плоды. Для того, чтобы помидоры не задохнулись, нужно было сделать в коробке несколько отверстий. Однако ни у одного продавца не было ножа. После небольшого опроса нож нашелся у пожилого узбека. Прорезая отверстия, я с упреком сказал молодому продавцу: «Только зрелый человек предусмотрителен и запаслив. Молодежь не придает этому значения», на что получил неожиданный ответ: «Старые басмачи с ножом не расстаются никогда». Все, кто слышал этот комментарий, расхохотались.

На следующий день, уже в Ленинграде, я пришел на работу в тюбетейке. Сослуживцы смеялись при встрече, но каждому было ясно, что я побывал в Средней Азии. Через неделю почта принесла телеграмму из Чирчика на имя заместителя министра с благодарностью за быстрое решение вопросов по арматуре.

Безударный клапан

Летом 1982 года мне было приказано немедленно вылететь в Тольятти. На одной из газоперекачивающих станций произошла крупная авария с тяжелыми последствиями. На место аварии из Москвы уже вылетел вновь назначенный заместитель Министра химического и нефтяного машиностроения Николай Васильевич Архипов. Поскольку Мингазпром сразу заявил, что в аварии виноват обратный затвор, изготовленный Усть-Каменогорским арматурным заводом, для работы в комиссии были вызваны главный инженер завода Олег Георгиевич Волянский и я, главный инженер ЦКБА.

С большим трудом удалось достать из брони Обкома КПСС билет на рейс Аэрофлота в Куйбышев. В Куйбышевском аэропорту меня

встретили сотрудники «Куйбышевтрансгаза» и доставили в гостиницу «Волга», где уже находился О.Г. Волянский. Он рассказал, что на газоперекачивающей станции произошел взрыв с разрывом трубопровода и воспламенением газа. Горящий газ из трубопровода диаметром 1000 мм как гигантской паяльной лампой сжег все на расстоянии более 100 метров. Многих работников станции, бросившихся бежать после взрыва, обожгло сзади горящим факелом. Пострадало более сорока человек.

На следующий день нас привезли на станцию. Несмотря на предварительное знакомство с результатами аварии, вид места происшествия произвел гнетущее впечатление. В глубине котлована длиной около тридцати и шириной десяти метров виднелись рваные оплавившиеся края метрового трубопровода. От него котлован, промытый в грунте струей сжатого газа, направлялся в сторону здания газоперекачивающей станции. Стальные подкрановые пути, расположенные около здания, согнулись под собственной массой из-за высокой температуры. Сосновый лес за зданием желтел обгоревшими ветками. Нас удивило, что емкости с дизельным топливом и машинным маслом, как и легковой автомобиль, стоявшие за зданием, остались неповрежденными. Горящий факел обогнул здание, как щит, и пустился дальше.

В стороне от большого котлована был котлован меньшего размера. На его откосе лежала труба диаметром 500 мм и длиной около десяти метров. Осматривая место происшествия, мы с Олегом Георгиевичем мысленно старались восстановить последовательность событий. Версия работников Мингазпрома о взрыве обратного затвора и дальнейшего развития аварийной ситуации нам казалась далекой от истины. Возникало много вопросов, на которые нужно было найти ответ. Судя по всему, газ горел долго, несмотря на то, что на входном трубопроводе установлен шаровый кран, который следовало бы закрыть при аварии. Позже один из работников станции рассказал, что он после взрыва прыгнул в автомобиль, по полю промчался к входному крану и закрыл его вручную, так как система автоматики была уже повреждена. В сохранившихся вахтенных журналах в день аварии были сделаны записи о двух аварийных остановках газоперекачивающих агрегатов, отмечены также большие колебания давления газа. Все это говорило о неполадках в газовых системах и системах контроля и автоматики. Нам нужно было найти подтверждение того, что обратный затвор не был причиной возникновения аварии. Никаких деталей затвора в котлованах и рядом с ними обнаружено не было, только метрах в тридцати, у ограждения территории станции, лежал противовес диска. Нужно было выяснить, как он попал туда. При тщательном осмотре трубы Ду 500 на внутренней поверхности были ясно видны четыре свежие риски. Мы с О.Г. Волянским тщательно осмотрели их. Риски прерывались на кольцевых сварных швах. Оставивший их предмет как бы перепрыгивал швы, причем можно было определить направление движения. Мы замерили размеры диагоналей оторванного противовеса, он совпал с внутренним диаметром трубопровода. Но почему движение было направлено навстречу потоку газа? Мы решили, что пос-

ле взрыва оторванный противовес попал в боковой трубопровод, и когда он оторвался от основной трубы большого диаметра и начал раскачиваться, его выбросило к границе станции, как из пращи.

Никого из членов комиссии рядом не было, и мы решили, что все отправились обедать. Пошли в столовую и мы. Набрав на подносы еды и устроившись за столом, мы взяли в руки вилки, но пообедать нам не дали. В столовую вбежал помощник заместителя министра и закричал: «Вот вы где, Архипов вас разыскивает, ругается, требует немедленного прибытия». С сожалением посмотрев на оставленный обед, мы сели в черную «Волгу» и предстали перед комиссией. Архипов спросил, правда ли, что мы сказали, увидев противовес и риски в трубе, что оторвавшийся противовес попал под диск затвора и спровоцировал взрыв, так, мол, говорят профессоры, члены комиссии? Мы, конечно, отвергли эти домыслы и высказали свою версию случившегося. Николай Васильевич был удовлетворен, однако комиссию под руководством заместителя министра газовой промышленности мало интересовало мнение представителей Минхиммаша. В Мингазпроме был накоплен солидный опыт составления аварийных актов. Комиссия убыла в тот же день, а мы с Олегом Георгиевичем остались для обдумывания особого мнения представителей Минхиммаша. Н.В. Архипов приказал мне через день быть у него с готовым текстом. На мое замечание о возможных трудностях с авиабилетом на Москву, он сказал, чтобы я зашел в депутатский зал аэропорта, там оставят броню.

Мы с Олегом Георгиевичем еще раз прошли по месту аварии, прощупывая длинным стальным прутом грунт вокруг котлована, в надежде обнаружить корпус или диск затвора, но тщетно. Вечером в общежитии составили текст. Поскольку писали от руки, пришлось половину ночи переписывать документ начисто в трех экземплярах. На следующий день мы под расписку вручили один экземпляр начальнику газоперекачивающей станции, еще не пришедшему в себя от аварии, комиссии, разговоров с родственниками пострадавших, раздумий о предстоящих показаниях следователям и о своей судьбе. Тем не менее, он по-товарищески попрощался с нами и дал машину, чтобы добраться до Тольятти. Из Тольятти в Куйбышев мы следовали на «Метеоре», любуясь живописными волжскими пейзажами.

В аэропорту мы расстались, Олег Георгиевич отправился в Усть-Каменогорск, а я в Москву. В депутатской комнате мне помогли получить билет на вечерний рейс. В Москву самолет прибыл уже близко к полуночи, поэтому мне показалось бесполезным искать ночлег в гостинице. Я решил ехать в министерство и попросить разрешения поспать на диванчике в каком-нибудь кабинете. Дежурный по министерству разрешил мне переночевать в комнате для шоферов. Я никогда не мог себе представить, что в министерстве может существовать такая грязная комната. По-видимому, уборщицы категорически отказались под любым предлогом заходить туда. Уличная урна была переполнена окурками. Окурки валялись толстым слоем и на полу. Чтобы лечь спать на грязном диване, мне пришлось постелить на него свой дождевик. Усталость сморила меня, и я через несколько минут уснул.

В восемь часов охрана разбудила меня. Я умылся, побрился, попил чаю и отправился для доклада к начальнику Союзпромарматуры. Юрий Борисович Рохлов внимательно выслушал меня, снял трубку прямого телефона и спросил Н.В. Архипова, сможет ли он принять меня. Николай Васильевич предложил мне и главному конструктору Главка Виктору Федоровичу Аксенову прибыть к нему. Мы поднялись на третий этаж, где размещались кабинеты министра и его заместителей. Н.В. Архипов прочитал записку, одобрил ее и дал указание В.Ф. Аксенову оформить документ в качестве особого мнения Минхиммаша к акту расследования причин аварии, в котором было указано, что причиной аварии является разрушение обратного затвора, а мне разрешил отбыть в Ленинград.

Авария на Тольяттинской газоперекачивающей станции заставила Мингазпром и Минхиммаш проанализировать вероятность отказов в работе обратных затворов, изготовленных Усть-Каменогорским арматурным заводом, на всех объектах, где они были установлены. Центр потребовал от эксплуатационных служб провести ревизию затворов и опробование их в работе. С мест стали поступать сигналы о заклинивании дисков в уплотнениях при закрытии. По иронии судьбы подобную конструкцию назвали безударной. При испытаниях же иногда нужно было увеличить давление газа для открытия затворов до сорока атмосфер. Громадным усилием диск вырывало из уплотнения со страшным грохотом. Налицо была ситуация, когда завод длительно поставлял продукцию без получения отзывов с мест эксплуатации, это давало повод для успокоения и не такого тщательного контроля, как полагалось для ответственного оборудования. Конструкторы также считали свою миссию оконченной, несмотря на невозможность проверить работу арматуры в реальных условиях эксплуатации.

ЦКБА дали поручение выполнить дополнительно расчет на прочность с учетом ударных нагрузок. ВНИИГАЗ сообщил исходные данные для прочностных расчетов, основным из которых было время нарастания давления, составляющее сотые доли секунды. Достаточно апробированной методики расчета конструкций сложной конфигурации с учетом воздействия ударных нагрузок создано не было. Я предложил специалистам отдела прочностных расчетов В.Д. Ципману и Р.А. Сашиной получить консультацию у моего научного руководителя, известного специалиста по динамике машин и агрегатов профессора В.Л. Вейца. Он предложил применить в расчетах ряд поправочных коэффициентов, учитывающих факторы воздействия удара, из работ видных отечественных и зарубежных ученых. ВНИИГАЗ рассмотрел расчет и признал его корректным, выразив лишь небольшие сомнения в правомерности использования некоторых коэффициентов.

Через несколько дней расчет потребовала Прокуратура Российской Федерации, которая вела следствие по аварии. В Минхиммаше запрос прокуратуры вызвал замешательство. Ответственный за решение вопроса заместитель министра Н.В. Архипов потребовал, чтобы в работе с прокуратурой участвовал главный инженер Союзпромарматуры Алексей Александрович Зак. Мы с ним отправились в Институт судебной экспертизы на площадь 1905 года. Этому институту было

поручено проведение следствия после отказа ряда НИИ и учебных институтов в проведении экспертизы.

На наше счастье, ведущий специалист института оказался специалистом по взрывам и устройствам, предотвращающим распространение взрывной волны, автором ряда изобретений в этой области. Ознакомившись с материалами, он сказал: «ВНИИГАЗ задал вам нереальную скорость изменения направления движения потока. С такой скоростью распространяется взрывная волна. Обратные затворы не способны защитить систему при этих параметрах. Мингазпром не прав. Я выеду в Тольятти, чтобы посмотреть, какими приборами регистрируется скорость движения потока газа». Внутреннее напряжение, возникшее перед визитом к следователю, немного ослабло. Следователь запросил некоторые дополнительные объяснения, которые я представил ему при следующем посещении. По-видимому, министерство решило по тогдашней бюрократической и партийной традиции поступить со мной, как на флоте. Когда я плавал, то часто слышал: «Если виноватого нет, его назначают». Когда я в очередной раз собрался к следователю, доброжелательный А.А. Зак сказал: «Олег Николаевич, мне кажется, Вам не следует часто появляться там». Я возмутился: «Алексей Александрович, неужели и Вы считаете меня виновным?» Следователь и на самом деле съездил на место аварии и закрыл дело.

Тем временем Мингазпром собрал более ста обратных затворов со строящихся газопроводов. Один из затворов был установлен на стенде института «Союзгазавтоматика», где для проведения испытаний использовался природный газ, накапливавшийся в подземном газохранилище. В комиссию по испытаниям входили А.А. Зак, заместитель главного инженера Усть-Каменогорского завода Юрий Григорьевич Задоев, ведущий конструктор ЦКБА Александр Яковлевич Ананьев, специалист ОРГЭНЕРГОГАЗа Виль Юсупович Рамеев, сотрудник саратовского института «Союзгазавтоматика» Олег Алексеевич Животиков и я. Председателем комиссии был назначен главный инженер Саратовтрансгаза Анатолий Михайлович Яценко. Испытания складывались плохо, диск затвора постоянно заклинивало в уплотнении. А.А. Зак докладывал о результатах заместителю министра Н.В. Архипову, а в ответ на каждую сказанную фразу из телефонной трубки раздавалось: «... твою мать! ... тва-а-ю мать!» На интеллигентного Алексея Александровича было жалко смотреть.

Мы жили в одной из свободных квартир Саратовтрансгаза, завтрак и ужин готовили сами. В то время я увлекался натуральной пищей и часто готовил салат из капусты, моркови, свеклы, лука, почти не солил. Мои коллеги были вынуждены есть витаминный салат, так как никаких мясных или рыбных продуктов в магазинах не было. Вареную колбасу саратовцы, как и жители других областей, возили из Москвы. Позже А.А. Зак рассказывал об этом меню коллегам из министерства и заговорщицки добавлял: «Когда Шпаков отваривался, я потихоньку солил». Впервые в жизни Алексей Александрович по моей инструкции сам сварил ячневую кашу, чем очень гордился.

В результате проверок и испытаний Минхиммаш был вынужден

согласиться с необходимостью проведения ревизии и ремонта обратных затворов этой серии. Их накопилось больше сотни. Чтобы не везти затворы в Казахстан, министерство распорядилось отгрузить их на «Пензтяжпромарматуру». Внешне затворы, вырезанные из подземных трубопроводов, выглядели неважно, да и работоспособность их оставляла желать лучшего. Поднятый вручную и отпущенный диск падал на уплотнение и, как правило, заклинивался в его конусе. Чтобы открыть затвор, требовалось нанести довольно сильные удары по нижней части диска. В свободном положении диск не соприкасался с корпусом, и, чтобы подвести его к уплотнению, требовалось приложить значительное усилие. Тем самым в «безударной» конструкции при перемене направления движения потока удар был неизбежен, а угол конусности уплотнительных поверхностей выбран меньшим, чем угол самоторможения, поэтому и происходило заклинивание трущихся поверхностей. Жесткость корпуса, свальцованного из листа небольшой толщины, была недостаточной для исключения деформаций при давлении более шестидесяти атмосфер.

Руководители «Пензтяжпромарматуры» – генеральный директор Федор Федорович Дубинчук, главный инженер Геннадий Александрович Шумилин, главный конструктор Вадим Тарасович Лемберг приняли общую беду близко к сердцу, пытаясь организовать ремонт недоброкачественной продукции. Ф.Ф. Дубинчук, работавший ранее на «Пензхиммаше», поехал домой к термисту-пенсионеру этого предприятия и пригласил его для консультации, как открывать заклинившие затворы. Старый специалист умел править тонкостенные емкости нагревом некоторых мест, расположенных зачастую далеко от места деформации, опираясь только на свое внутреннее чутье.

Польщенный вниманием высокого начальства, термист осмотрел затворы и сказал: «К завтрашнему дню приготовьте четыре трехсопловые горелки, будем править». Главный конструктор проекта ЦКБА А.В. Воловик пытался выяснить у старого рабочего, как он собирается греть металл, но тот ничего не объяснил. Аркадий Вениаминович пожаловался: «Какой-то шаман, ничего не может объяснить». Я возражал ему, что многие специалисты зачастую делают необъяснимую работу, но все у них получается, интуиция много значит.

На следующий день старый термист направил пламя мощных горелок на четыре зоны корпуса, и заклинившая захлопка сама отошла от уплотнения. Радости специалиста и общему удивлению не было границ. Ветерана тепло поблагодарили и на директорской машине отвезли домой.

Было очевидно, что исправить старые затворы не удастся, и в ЦКБА форсированно создавался новый обратный затвор. По моему настоянию, конструктивная схема была изменена, ось вращения располагалась ниже оси трубопровода, угол конусности уплотнения был существенно увеличен для исключения самоторможения, предусматривался гидравлический демпфер.

Новые затворы изготавливались в Усть-Каменогорске под жестким контролем министерства. К концу лета работа завершалась. Я прилетел в Усть-Каменогорск и две недели следил за изготовлением первой пар-

тии новых обратных затворов. Литые противовесы, закрепленные на нижней части диска, выглядели очень внушительно. Увидев их, О.Г. Волянский сказал: «Затвор не откроется, противовесы упрутся в корпус». Я же был уверен в успехе, так как тщательно прочертил траекторию каждой точки. С очень маленьким зазором диск, отойдя от уплотнения, прошел мимо его выступающей части. На заводских испытаниях диск поднимали на максимальную высоту и бросали на уплотнение. Звон от удара разносился по всему цеху, но ни разу не было заклинивания.

Готовые затворы погрузили на машину и отправили на приемочные испытания в Саратов на стенд с рабочей средой. Прежняя комиссия провела испытания и рекомендовала изделия к серийному производству.

В дальнейшем все-таки понадобилась доработка демпферов, поскольку конструкторы не приняли во внимание усилия от давления газа, действующие на их валы. Валы прижимались к крышкам и затрудняли поворот дисков. Я корил себя, что не проследил за проектированием демпферов. Их доработку пришлось производить на газоперекачивающей станции в поселке Починки Горьковской области, знаменитом своим конезаводом. В работах принимали участие начальник отдела ЦКБА Георгий Иванович Севастьянихин и два слесаря из «Пензтяжпромарматуры».

Но Мингазпром принял решение закупить обратные затворы в Италии, а вновь назначенный министр химического и нефтяного машиностроения В.М. Лукьяненко поручил спроектировать и изготовить обратные затворы Сумскому машиностроительному объединению им. М.В. Фрунзе. Их затворы с газовыми демпферами также были поставлены на производство.

Для объективности следует отметить, что, по-видимому, схема установки обратных затворов на газоперекачивающих станциях не была оптимальной, так как тяжелые аварии происходили позже на станциях как с сумскими, так и с итальянскими обратными затворами.

Отсечные клапаны

В НПОА «Знамя Труда» серийно изготавливались запорные клапаны на 16, 40 атмосфер и другие давления с жестким уплотнением для сред с высокими температурами. Производственники не любили эти заказы, так как обеспечить герметичность в затворах с жестким уплотнением было трудно. Клапаны были спроектированы по традиционной заводской конструктивной схеме. Золотники шарнирно закреплялись на штоках, поэтому при каждом открытии и закрытии их уплотнительные поверхности соприкасались с кромками седел в новых точках. Конструкторы, по-видимому, не придавали значения основному правилу проектирования арматуры высокого давления: конический золотник, сняв при первом закрытии острую кромку седла, должен при последующих циклах приходить в соприкосновение с теми же точками, с которыми контактировал ранее. Если это условие не выполнялось, то никакая притирка в крупносерийном производстве не могла привести к положительному результату.

Генеральный директор С.И. Косых, обеспокоенный состоянием

сдачи продукции и плохими перспективами выполнения плана, направил в цех начальника научно-исследовательского отдела уплотнений ЦКБА Виктора Андреевича Соловьева. Незадолго перед этим на научно-техническом совете объединения был заслушан доклад с изложением содержания диссертации сотрудника Украинского филиала ЦКБА Давида Ароновича Мендельсона по уплотнениям клапанов. Он исследовал разные виды уплотнений и одним из наиболее эффективных определил упругое уплотнение в седле, образованное тонкостенным кольцевым выступом, которое деформировалось коническим золотником, обеспечивая надежную герметизацию соединения. Это устройство Д.А. Мендельсон назвал «обтюратор», что в приближенном переводе означало «обтягиватель».

Слово обтюратор произвело на В.А. Соловьева очень сильное впечатление. Придя в цех, он заявил заместителю начальника, что с небольшой доработкой корпуса самого плохого клапана добьется герметичности без всякой притирки. Видавший виды производственник, конечно, не поверил этому. Было заключено пари на стандартных для арматурщиков условиях. Соловьев начертил эскиз, корпус быстро доработали, собрали клапан и поставили на стенд. Клапан оказался герметичным даже при малом усилии на маховике. Удивлению изготовителей не было предела.

К сожалению, в короткие сроки не удалось создать нормативный документ по методам расчета и конструктивным особенностям обтюраторного уплотнения, завод старался принимать заказы на клапаны с фторопластовыми уплотнениями, а позже начался крутой перелом в жизни страны, и хорошая идея в ЦКБА была забыта.

Дальнейшее развитие это направление получило развитие учеными сначала ведомственной лаборатории герметичности, организованной во Львове по инициативе Украинского филиала ЦКБА, а после окончания существования СССР специалисты перебрались в один из вузов Ангарска, в котором провели серьезные научные исследования уплотнений с упругими седлами клапанов.

Электроприводы

Летом 1989 года главный конструктор ЦКБА Валерий Викторович Ширяев рассказал мне, что в процессе работы с чехословацкой фирмой «Сигма» он имел разговор со специалистом фирмы Алоисом Навратилом, который сотрудничает с европейским представителем американской компании «Лимиторк», находящимся в Лондоне, Томасом Мэем.

Фирма «Лимиторк», производящая электроприводы для арматуры, занимается обновлением продукции и заинтересовалась новой разработкой – планетарно-винтовым электроприводом, на которую ЦКБА получило несколько патентов. Посоветовавшись с авторами разработки Андреем Дмитриевичем Плотниковым и Николаем Павловичем Поповым, мы получили разрешение генерального директора ЛПОА «Знамя Труда» Серафима Ивановича Косых на проведение переговоров с представителями фирмы. Договорились встретиться с Т. Мэем в Москве.

Через некоторое время последовал телефонный звонок от представителя «Лимиторка» в Москве Игоря Витальевича Солдатского. Он сообщал, что через неделю Том Мэй и Алоис Навратил будут в Москве и готовы встретиться со специалистами для более детального ознакомления с конструкцией привода.

Встреча состоялась в гостинице «Националь», в номере Т. Мэя. Мы с Валерием Викторовичем рассказали о принципе действия, конструктивных особенностях планетарно-винтового электропривода, на который у А.Д. Плотникова и Н.П. Попова были получены авторские свидетельства и зарубежные патенты. Наш рассказ чрезвычайно заинтересовал англичанина. Будучи вице-президентом фирмы, отвечающим за производство в Европе и сбыт электроприводов фирмы «Лимиторк» за пределами США, он досконально знал особенности, преимущества и недостатки электроприводов всех европейских и американских фирм и имел большой опыт их сбыта.

По результатам переговоров был составлен протокол, в котором намечались пути дальнейшего сотрудничества. Договорились о проведении испытаний опытного образца электропривода в США на фирме в присутствии представителей ЦКБА и визите руководителей фирмы в Ленинград. Протоколом предусматривались варианты сотрудничества – покупка «Лимиторком» лицензии, проведение совместных конструкторских работ для приведения приводов в соответствие с требованиями западных норм, а также совместное производство продукции.

Ужинать отправились в недавно открытый валютный ресторан «На Кропоткинской». Наибольшее впечатление оставило импортное бочковое пиво, холодное, с густой пеной. Такого пива ни в Москве, ни в других местах пробовать до этого нам не приходилось.

После ужина мы с Валерием пошли пешком на Ленинградский вокзал. На вокзальной площади нас остановил наряд милиции и переписал данные наших паспортов. По-видимому, тогда велось наблюдение за всеми посетителями ресторана «На Кропоткинской».

Через несколько дней Т. Мэй прислал в ЦКБА копию отчета о московской встрече, который он направил в центральный офис компании. В отчете было приведено более десяти преимуществ привода ЦКБА и лишь два недостатка: неполный типоразмерный ряд и необходимость некоторой переработки конструкций арматуры в части соединительных деталей. Заканчивался отчет заключением: «Я пытался найти дополнительные недостатки и не смог их обнаружить».

После некоторых согласований в ЦКБА прибыли исполнительный вице-президент фирмы Роберт Корнси и Томас Мэй. К этому времени отдел патентов подготовил проект соглашения и лицензионного договора. Начальнику отдела Ю.Х. Добину удалось убедить руководство НПО «Знамя Труда» в нецелесообразности проведения совместных конструкторских работ и производства. Был сделан упор на немедленную продажу лицензии. Как оказалось позже, такая постановка вопроса оказалась преждевременной.

В процессе переговоров с представителями фирмы было составле-

но соглашение, в дополнение к которому потенциальные покупатели лицензии составили меморандум, требующий поставки вместе с опытным образцом комплекта рабочих чертежей. Поскольку меморандум подписали только представители фирмы, мы посчитали его выполнение нашей стороной необязательным, так как считали, что передав чертежи, теряем предмет продажи. Не имея опыта работы с западными фирмами, для продажи предлагали «сырой» продукт. Разработанные приводы не заменяли полностью типоразмерный ряд фирмы, система управления не соответствовала фирменной. Однако в соглашении предусматривалось участие специалистов ЦКБА в испытаниях с возмещением расходов по перелету в США и проживанию за счет «Лимиторк». За опытный образец фирма соглашалась уплатить 2000 долларов, хотя Ю.Х. Добин настаивал на сумме в десять раз большей. Решение о сумме 2000 долларов принял генеральный директор С.И. Косых.

Через некоторое время опытный образец был отгружен на фирму. К лету следующего года Роберт Корнси прислал приглашение мне и сотрудникам, «которых я назову сам», посетить фирму «Лимиторк» в Линчбурге, штат Вирджиния.

Фирмой были оплачены билеты в бизнес-классе самолета мне, А.Д. Плотникову, Н.П. Попову и переводчику И.В. Солдатскому. Томас Мэй дал заявку Посольству Великобритании в Москве на открытие нам визы, чтобы в течение суток мы смогли бы ознакомиться с достопримечательностями Лондона, где нам предстояло пересесть на самолет, следующий в Вашингтон.

Визу в Москве удалось получить лишь за несколько часов до вылета. В Лондоне нас встретил Т. Мэй, посадил в автомобиль и доставил в гостиницу аэропорта «Хитроу». На следующий день он ознакомил нас с достопримечательностями города. Мы с большим удовольствием посмотрели Букингэмский дворец, колонну Нельсона, резиденцию премьер-министра на Даунинг стрит, 10, Гайд-парк, совершили прогулку по Темзе, проплыв под мостами, из которых наиболее знакомым был мост Ватерлоо, посетили Тауэр и Вестминстерское аббатство, зал заседаний парламента, гробницы английских королей, знаменитых граждан Великобритании.

В этот же день мы вылетели в Вашингтон самолетом компании Britisch Airolines.

В Вашингтоне нас встретил представитель фирмы «Лимиторк» Франк Оттингер и отвез в отель «Royal Ritz». Отель поразил громадными ванными комнатами с множеством огромных зеркал. На туалетном столе стояло бесчисленное количество флакончиков и пузырьков с шампунями, элексирами и другими препаратами.

Программой пребывания в стране предусматривалось посещение Американской ассоциации арматуростроителей в Вашингтоне, фирмы «Филадельфия геар С°», владелец которой Рассел Болл был также хозяином фирмы «Лимиторк», посещение фирмы в Линчбурге и ее отделения в Гринсборо. Оттуда планировался вылет в Москву.

На следующий день за нами прибыла представитель ассоциации и на метро отвезла в офис. Мы ознакомились с организацией дела, составом ассоциации, объединяющей около ста арматурных фирм США и

Канады. После встречи и обеда совершили экскурсию по Вашингтону, посмотрели Белый дом, Национальную библиотеку, посетили театр, где был застрелен Авраам Линкольн, Конгресс и монетный двор.

Вечером президент ВМА доктор О' Хеган пригласил нас ужинать в престижный «Космос-клуб» На одном из стендов были помещены фотографии полутора десятков членов клуба – лауреатов Нобелевской премии. На ужин были приглашены также руководители арматурных фирм, входящие в совет ассоциации по международным связям. Ужин прошел в дружеской обстановке, А.Д. Плотников очень живо побеседовал с Уильямом Тэйси, директором Восточных работ фирмы «Дрессер», уроженцем Техаса. Оба собеседника обладали шумным темпераментом и в «Космос-клубе», может быть, впервые звучали слишком громкие возгласы.

На следующий день Ф. Оттингер повез нас в Филадельфию. По дороге мы остановились в Балтиморе для обеда. Машину поставили на стоянку в многоэтажном гараже. После обеда Франк не смог вспомнить, где она находится. Пришлось Николаю Попову искать ее, память у него оказалась свежее, чем у водителя.

В Филадельфию мы прибыли уже после восемнадцати часов. На фирме уже закончился рабочий день. На звонок вышел сам президент Рассел Болл. Он поздоровался и вручил каждому из нас по конверту, в который была вложена почасовая программа пребывания делегации в Филадельфии в течение двух дней. Программой предусматривалось поселение в гостинице, посещение фирмы, обед в клубе, знакомство с достопримечательностями города, вечерний прием в резиденции президента.

На фирме изготавливались всевозможные шестерни, редукторы, другая машиностроительная продукция в основном на станках с программным управлением.

В Филадельфии мы ознакомились с мемориалом Бенджамина Франклина, организованным им первым в США почтовым отделением, осмотрели американскую святыню – Колокол свободы, звонивший в день провозглашения независимости Соединенных штатов, проехали по центральным улицам города.

На приеме в загородном доме Рассела Болла с участком земли, занимавшим не менее гектара, были накрыты столы – маленький для важных персон, к которым, кроме хозяина, были причислены я как глава делегации и Игорь Солдатский в качестве переводчика. Остальные гости поместились за соседним столом. Р. Болл ни на минуту не оставлял меня, показывая дом, в гостиных которого были повешены на стены многочисленные фотографии, сделанные хозяином в разных странах на отдыхе и в деловых поездках. Р. Болл вложил деньги в две машиностроительных фирмы, страховую компанию, гостиницу, другой бизнес. На наш вопрос, почему у него такие далекие друг от друга интересы, он сказал, что руководствуется принципом «не класть яйца в одну корзину». Около дома были расположены теннисный корт и открытый бассейн. Под горой за большой лужайкой протекала маленькая речка. Рассел (так он предложил нам называть себя, сказав, что это американский обычай) гордился тем, что на лужайку около реки прилетают дикие гуси. Выпив-

ка по-русски не была в обычае у американцев, только перед ужином нам предложили выпить на выбор виски нескольких сортов, джин, бурбон или водку. Хозяин никак не прореагировал на наши слова, что нам хотелось бы попробовать каждого напитка.

Специально приглашенный буфетчик положил почти до краев стакана льда, налил граммов тридцать виски, остальное заполнил тоником. С этим стаканом, обернутым салфеткой, мы обходили с хозяином его владения. Сидя за «престижным» столом, я завидовал свои друзьям, легко нашедшим общий язык с подругой миллионера, предложившим ей взаимное обучение языкам. За их столом непрерывно раздавался хохот.

Привыкнув к тому, что хозяева следят за выполнением графика, мы удивлялись, что вечер затягивается. Около десяти часов я осторожно спросил у вице-президента, по чьей инициативе заканчиваются подобные приемы. Он сказал, что по инициативе гостей, и, подумав, добавил: «Рекомендую Вам сделать это». Я поднялся и поблагодарил хозяев за прекрасный вечер, сказав, что посещение Филадельфии произвело на нас большое впечатление, еще раз поблагодарив за гостеприимство. Хозяева тут же встали и проводили нас до машины.

К вечеру субботнего дня мы прибыли в гостиницу Линчбурга. На столах номеров, приготовленных для нас, стояли корзины с цветами и фруктами, в которые были вложены приветствия фирмы каждому гостю. Через некоторое время пришел вице-президент «Лимиторк» Роберт Корнси с инженером-электриком Аланом Ричардсом, проводившим испытания нашего опытного образца. Мы поужинали вместе, специалист пожаловался, что привод не обеспечивает заданного усилия. Оказалось, что несмотря на наши неоднократные предупреждения в переписке они включили привод на стандартное для США напряжение 220/127 вольт в то время, как выходные параметры обеспечивались при напряжении 380/220 вольт. На следующий день нам сообщили, что после переключения привод обеспечивает нужное усилие.

В воскресение за нами приехал Алан, чтобы ознакомить с городом. Линчбург оказался небольшим уютным городком с большим количеством банков, бензозаправочных станций, супермаркетов. Мы посмотрели стадион, здание городской администрации, заглянули в супермаркет. Я купил там флакон полировочного состава для автомобиля «Turtlewax», которым пользуюсь уже десять лет. До часа дня на улицах города никого не было, многие магазины были закрыты, так как почти все население находилось в церкви.

Потом Алан повез нас за город, в горы. Город расположен недалеко от Аппалачского хребта. В горах на площадке для автомобилей мы посетили небольшой краеведческий музей, в котором выставлены образцы местной фауны и флоры. К нашему удивлению, несмотря на то, что Алан отрекомендовался руководителем отряда молодежной организации скаутов, он не знал названий деревьев и животных. Полюбовавшись на прекрасную панораму, открывавшуюся со смотровой площадки, мы вернулись в Линчбург.

Алан пригласил нас побывать у него дома. К дому прилегал учас-

ток, заросший настоящим лесом. Никакого намека на традиционный стриженый газон перед домом не было. Мы поинтересовались, какой двигатель расположен под капотом автомобиля Алана. Оказалось, что он туда никогда не заглядывает. Когда подходит срок, американцы звонят на станцию технического обслуживания, оттуда приезжает мастер, оставляет свой автомобиль, а машину хозяина забирает на день или два. После необходимого осмотра, ремонта и регулировки автомобиль возвращается хозяину. Алан пояснил, что законы по экологии очень строги, а штрафы за их нарушение настолько велики, что владелец просто боится что-либо тронуть в своей машине, поэтому и не интересуется ее устройством.

Вечером за ужином в отеле Роберт Корнси разрешил нам заказывать в ресторане любые блюда и напитки, а на счете указывать номер комнаты и расписываться, расчет будет произведен фирмой.

В понедельник за нами заехал Алан и отвез нас на фирму. Было жарко уже с утра, его пиджак висел в машине. Когда мы остановились на стоянке перед офисом, он надел пиджак и прошел с нами через проходную. Придя на свое рабочее место, Алан тут же снял пиджак и повесил его на вешалку. Наш вопрос, зачем надевать пиджак, чтобы пройти тридцать шагов и снять, очень его удивил, он сказал, что иначе быть не может, на работу нужно являться в пиджаке и свежей рубашке, обязательно в галстуке, таковы правила.

Мы познакомились с президентом фирмы Томасом Мигнона, вице-президентом Айвеном Вилькинсоном и другими руководителями, среди которых был и Расселл Болл–третий, сын владельца компании, президента корпорации, который принимал нас в Филадельфии. После традиционного обмена приветствиями Роберт Корнси показал нам фирму. Неприятно удивило отсутствие кондиционеров в производственных цехах, где стояла жара, в то время как в центральном офисе кондиционеры были установлены в изобилии. Ничем примечательным производство не удивило, разве что порядком на автоматизированном складе готовых деталей, отсутствием запаха в окрасочном отделении и необычно малотрудоемким способом упаковки готовой продукции. Рабочий брал выкроенный лист картона, сгибал его в коробку, пневматическим пистолетом скреплял скрепками, распылял из баллончика вспенивавшийся состав, клал на застывающую пену кусок полиэтиленовой пленки, при помощи тельфера опускал в ящик электропривод, закрывал его пленкой, заполнял до верха коробку пеной, закрывал ее, закреплял скрепками и толкал по рольгангу в упаковочную машину. Машина в три приема охватывала коробку металлической лентой, на этом процесс заканчивался. Вся операция занимала считанные минуты. С сожалением мы вспоминали, как на наших заводах в конце месяца почти весь инженерный состав выходил сколачивать деревянные ящики для тысяч приводов, а потом часть ящиков приходила на арматурные заводы разрушенными.

Опытный образец электропривода был установлен на стенде в лаборатории, где нам задержаться не разрешили, объяснив это условиями режима: фирма работает для нужд военно-морского флота. Остальное время мы провели в офисе. Туда приходили специалисты –

испытатели, расчетчики, технологи со своими вопросами. Мы старались ответить на них, не раскрывая изобретательских секретов. По нашей просьбе фирма организовала посещение литейного завода. В цехах почти не было персонала, но в каждой конторке мастера находился компьютер, подключенный к контрольно-измерительным приборам и датчикам. В любой момент мастер мог получить информацию о ходе плавки, термообработки, химическом составе металла, состоянии конвейеров и т.д. Качество отливок из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом было превосходным. В цехах поддерживалась идеальная чистота, даже не верилось, что мы находимся на литейном заводе. Вообще, во всем городе был очень чистый горный воздух.

В нашем присутствии испытания электропривода были закончены с положительными результатами. В заключительном протоколе было отмечено, что фирма проявляет интерес к заключению лицензионного соглашения. Для приведения конструкции в соответствие с требованиями мирового рынка были оговорены дальнейшие действия по доработке электропривода. Президент Т. Мигнона вручил нам чек на две тысячи долларов для НПО «Знамя Труда» в оплату за опытный электропривод.

Обратные билеты были заказаны из Нью-Йорка до Москвы, но мы попросили переоформить их на Ленинград. Президент фирмы согласился, но пунктом вылета при этом стал Бостон. В Бостоне жил наш бывший сотрудник Арнольд Лившиц, уехавший в США еще в 1979 году. У Игоря Солдатского в Бостоне были знакомые, которые знали семью Лившицев. Они сообщили Арнольду о нашем пребывании в Линчбурге. Вечером в номере гостиницы раздался телефонный звонок. Это был Арнольд. После радостных приветствий мы попросили Арнольда встретить нас в аэропорту, показать город, помочь сделать покупки. Он с радостью согласился.

Через день Т. Мигнона на минивэне отвез нас на отделение фирмы в Гринссборо, штат Северная Каролина, и поужинал с нами в отеле «Амбассодор». На следующее утро за нами заехал руководитель отделения фирмы Вильям Вигнола, показал цеха, которые занимались сборкой и отгрузкой приводов из деталей, сделанных в Линчбурге. К вечеру на фирму приехал Томас Мигнона и вручил нам билеты на самолет. По-видимому, в переоформлении билетов на рейс, согласованный с рейсом из Лондона в Ленинград ему пришлось преодолеть немало трудностей, так как его прямо трясло от злости и выглядел он очень усталым, проведя целый день в авиаагенстве. Он коротко и сухо попрощался с нами. Наверное, у него были нарушены какие-то важные планы.

Из Гринсборо самолет вылетел в Бостон, сделав короткую остановку в аэропорту Нью-Йорка. В Бостоне нас встретил Арнольд Лившиц, немного растолстевший, но такой же энергичный и живой, каким мы его помнили по работе в ЦКБА. После приветствий и объятий Арнольд посадил нас в свой автомобиль и отвез в магазин, торгующий телерадиоаппаратурой, адаптированной к европейским системам. Мы купили по видеомагнитофону и отправились осматривать город.

По дороге Арнольд рассказал о том, какие трудности ему приш-

лось преодолеть после переезда в Штаты. Он совершенно не владел английским языком, ему пришлось пройти ускоренные языковые курсы, но этого было мало. Чтобы заработать средства к существованию, первое время он обучал прибывших из СССР вождению автомобиля. Общались с учениками на русском. Позже одна из арматурных фирм пригласила Арнольда на собеседование. Его принял один из руководителей, югослав, считающий себя знатоком славянских языков, поэтому говорил в основном сам. Арнольда приняли на работу и поручили переводить фирменный каталог на русский язык. Без знания языка, в особенности технической терминологии, задача оказалась очень трудной: «Понимаете, выписываю буквально каждое слово, а сложить вместе не могу. Спасибо, рядом работал соотечественник, он немного помогал. Особенно трудно было отвечать на телефонные звонки, ведь я ничего не понимал. Обычно мой товарищ переводил мне после разговора, что от меня требуется, а по телефону нужно было отвечать сразу».

В этот период в мире начался нефтяной кризис, и фирмы стали сокращать персонал. Так как Арнольда приняли одним из последних, его сократили в первую очередь. Такой закон действовал в США. В течение четырех месяцев Арнольд получал пособие по безработице, после этого срока пособие уже не платили. В последний день срока агентство по найму предложило ему работу на другой арматурной фирме, но и там скоро произошло сокращение. Наконец, фирма, где он работает по настоящее время, предложила должность конструктора. Наученный горьким опытом, Арнольд попросил не менее четырех месяцев испытательного срока, так как при меньшей продолжительности работы пособие по безработице не выплачивалось. В этот раз удалось закрепиться надолго. Фирма поставляла арматуру для автомобилей. В конструкторских бюро автомобильных фирм она держала своих представителей, которые сообщали, какие изделия понадобятся в случае постановки автомашины на серию. Девяносто процентов разработок, иногда даже подтвержденных опытными образцами, «ложилось на полку», но поставленные на серию изделия полностью окупали все издержки. Арнольд зарабатывал 24 тысячи долларов в год. На замечание Андрея, что этого мало, он сказал, что на жизнь хватает, а главное – сколько денег поступит в пенсионный фонд, это действительно важно. Жена Арнольда, Аня, врач по специальности, не могла устроиться на работу даже медсестрой, нужно было хорошо знать язык. Ей удалось получить через десять лет диплом американского университета и она, наконец, оформила разрешение на частную практику врача. Арнольд сказал, что теперь ее годовой доход составит не менее ста тысяч долларов в год. Мы порадовались за коллегу.

До вылета оставалось несколько часов. Арнольд пригласил нас на обед, сказав, что в нашу честь специально приготовлены русские блюда. Его квартира расположена в трехэтажном доме в зеленом районе Бостона. Прямо с лестничной площадки дверь вела в гостиную. В квартире были три спальные комнаты, маленькие столовая и кухня. Особенно гордилась семья посудомоечной машиной. В обед нас угостили винегретом, щами и котлетами с картофелем и солены-

ми огурцами. Только водка была американской, много уступающей отечественной. После обеда Арнольд отвез нас в аэропорт и проводил до стойки регистрации.

По прибытии домой мы направили в Америку и Великобританию письма с благодарностью за прием и предложениями по доработке электропривода. К сожалению, ответа на наши письма мы не получили. Что помешало развитию контактов с фирмой, нам до сих пор неизвестно. По-видимому, наша стратегия по продаже лицензии оказалась ошибочной. Фирмы не могут ждать длительной доводки, им нужно предлагать продукт, готовый к немедленному использованию.