

# Разработки Росатома по унифицированной ТПА АЭС для энергонапряженных объектов (ЭНО) техники

Р.Р. Ионайтис, Н.М. Сердюк, В.П. Смирнов (НИКИЭТ им. Н.А. Доллежала), В.И. Черноштан (ЦКТИА)

## Актуальность модернизации арматуры ТПА ЭНО

Трубопроводная арматура (ТПА) – важный и самый массовый элемент ЭНО, применяется при нормальной эксплуатации, при аварийных отклонениях от нее, при управлении авариями.

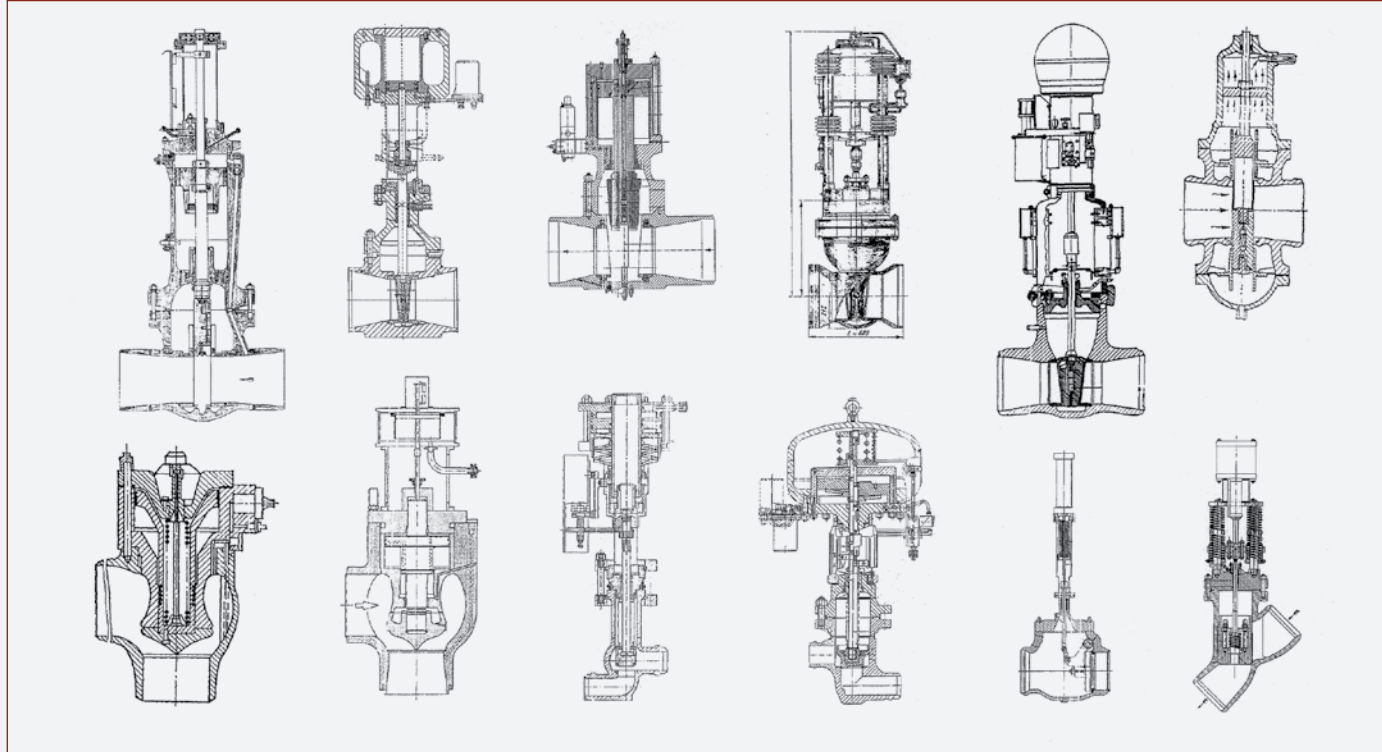
Реакторостроители, не получая удовлетворяющих их решений от далеко не передовой отрасли арматуростроения, сами создавали и создают соответствующую арматуру и приводы с быстродействием 0,2 – 2 с.

Потребность в ТПА большая, спрос растет, а путаница на поле создания и выбора – необыкновенная. Проведенный анализ ТПА показывает, что:

- конструкции и технологии изготовления ТПА интернациональны;
- зарубежная ТПА превосходит российскую лишь по отдельным видам;
- быстродействующая ТПА выпускается единичными экземплярами;
- стоимость зарубежной ТПА выше российской;
- ТПА, созданная атомщиками, в других отраслях не используется.

На энергонапряженных объектах, прежде всего на АЭС, очень велико разнообразие трубопроводной арматуры – до 2000 наименований. Это создает большие проблемы при выборе арматуры, особенно в период уско-

Рис. 1. Эксклюзивность существующей на АЭС БА (Россия, США, Франция, ФРГ, Чехия)



ренного развития атомной энергетики. Поэтому модификация арматуры весьма актуальна.

Безопасность и эффективная эксплуатация ЭНО в значительной степени определяется следующей, как правило, быстродействующей ТПА:

- отсечная (обычно закрытая и обычно открытая);
- дроссельная и дроссельно-регулирующая;
- обратная (при реверсе расхода);
- предохранительная (сбросная);
- переключающая (потоки управляющего газа);
- ограничительная (при аварийно возросшем расходе);
- иницирующая (вводящая в действие).

К важным особенностям ТПА на АЭС можно отнести:

- большое разнообразие на каждом энергоблоке;
- существующая ТПА в целом справляется со своими функциями;

- обширная номенклатура (около двадцати DN на десять разных давлений, более 100 типоразмеров) 50-60 заводов при малом количестве изделий в каждом типоразмере;

- часто ТПА – специальная арматура единичного производства, поставляемая разными производителями, с разным конструкторско-технологическим исполнением (рис. 1);

- освоение производства сложных и дорогостоящих устройств для отечественных производителей затруднительно, поэтому ответственная ТПА поставляется из-за рубежа;

- все задачи и пути совершенствования, намечаемые в атомной отрасли для оборудования энергоблоков, относятся и к ТПА.

Из требований Росатома к оборудованию и арматуре можно выделить следующие:

- экономическая конкурентоспособность: снижение стоимости изготовления и эксплуатации, малые сроки освоения;

- унификация основного и вспомогательного оборудования;

- ориентация на промышленность РФ;

- реализация разнопринципных решений против отказов по общей причине;

- возможность продвижения на мировой рынок.

Подобные цели, задачи и требования были сформулированы ранее в Концепции модернизации ТПА, разработанной НИКИЭТ и др. и принятой Росатомом в конце 2003 г.

Целями модернизации ТПА является:

- создание серийной трубопроводной арматуры взамен индивидуальной;

- унификация и снижение номенклатуры развитой модульностью;

- импортозамещение и ускорение продвижения перспективной ТПА;

- повышение надежности существующей ТПА;

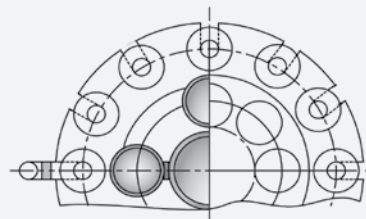
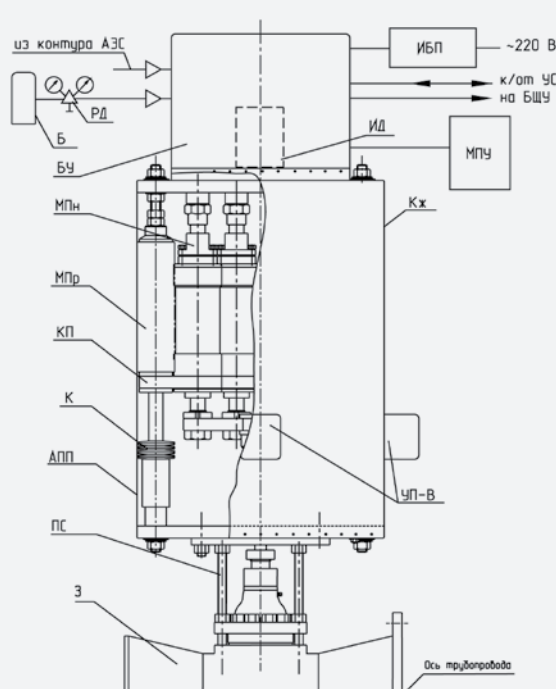
- повышение безопасности энергонапряженных объектов.

## Отсечная быстродействующая арматура (БА)

Уникальная арматура единичного производства очень дорога в изготовлении и в эксплуатации. Нужна и появляется серийная отсечная БА (рис. 2).

Унификация отсечной БА (ОБА) определяется ее кассетно-модульным исполнением:

Рис. 2. Арматура отсечная (ОО и ОЗ) и унифицированная



**Взвод и удержание** – пневматические (4,5 ± 0,5) МПа

**Срабатывание** – пружинами

**СОСТАВ**

АПП – актуатор пневмопружинный

Б – баллон газовый

БУ – блок управления

БЩУ – блочный щит управления

З – задвижка

ИБП – источник бесперебойного питания

ИД – индикатор давления

К – компенсатор

Кж – кожух

КП – корзина подвижная

МПр – модуль пружинный (1-16 шт.)

МПн – модуль пневматический (1-8 шт.)

МПУ – местный пульт управления

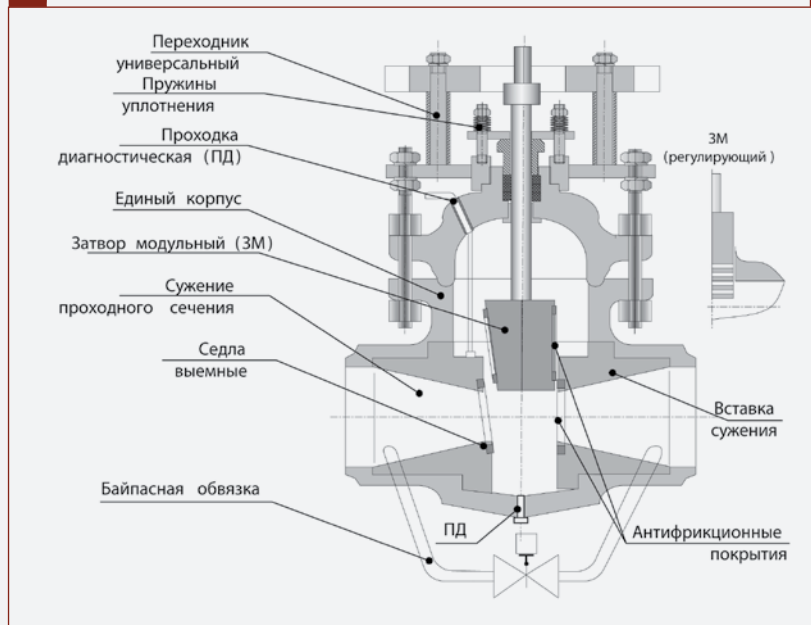
ПС – переходник-соединитель

РД – редуктор давления

УП-В – указатель положения – выключатель

- обычно открытая и обычно закрытая БА из одних и тех же элементов;
- 1-16 пружинных модулей аварийного срабатывания на давление 1,5-25 МПа;
- 1-8 пневмомодулей взвода на те же давления;
- 1-4 электромагнитных пневмораспределителей инициации срабатывания;
- указатели положения – выключатели крайних положений, тестирования и недохода;
- изготовлено 5 макетов и опытных образцов на DN 50-150 мм;
- проверенное время взвода 30-60 с, сброса 1-10 с;
- плавное безударное движение на 280 циклах;
- модель с ходом 25-40 мм ставится на производство на ЮГОКАМЕ;
- выпущен проект на 25-350 мм;
- идет подготовка к проекту 400-700 мм.

Рис. 3. Унификация задвижки (по 10 направлениям)



**Унификация задвижки**

Форма проточных частей задвижек запорных и регулирующих приведена на рис. 3. Рекомендуемая модернизация и унификация задвижек ясны из рисунка. Эффект сужения проточной части хорошо виден из рис. 4.

**Дроссельная и регулирующая арматура (ДРА) (рис. 5)**

- Разработаны высокоэффективные дроссели с пересекающимися каналами. Широко используются в атомной технике, но не на других ЭНО;

Рис. 4. Задвижка шиберная полнопроходная и суженная ( $C_v = 0,62$ )

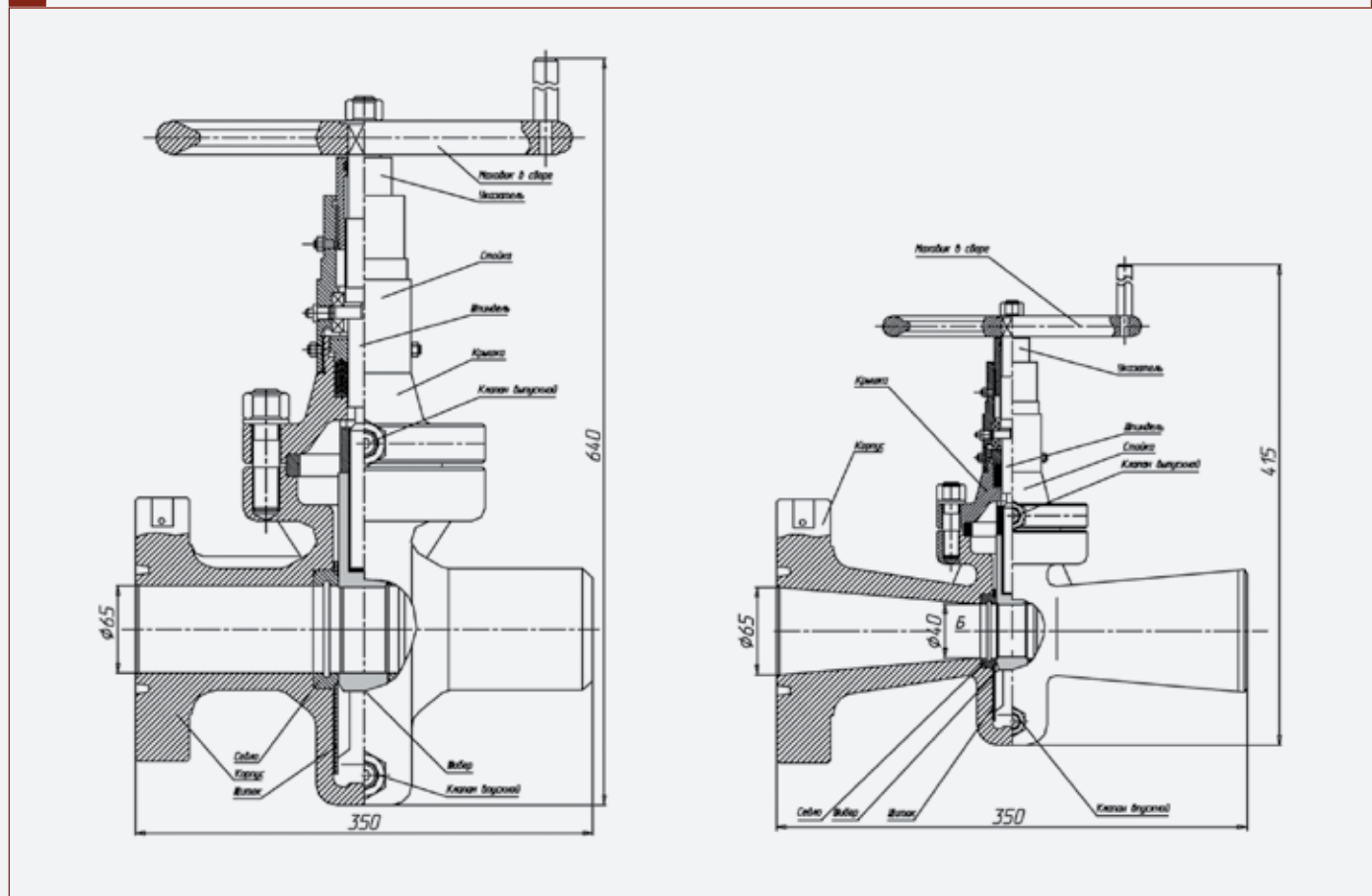
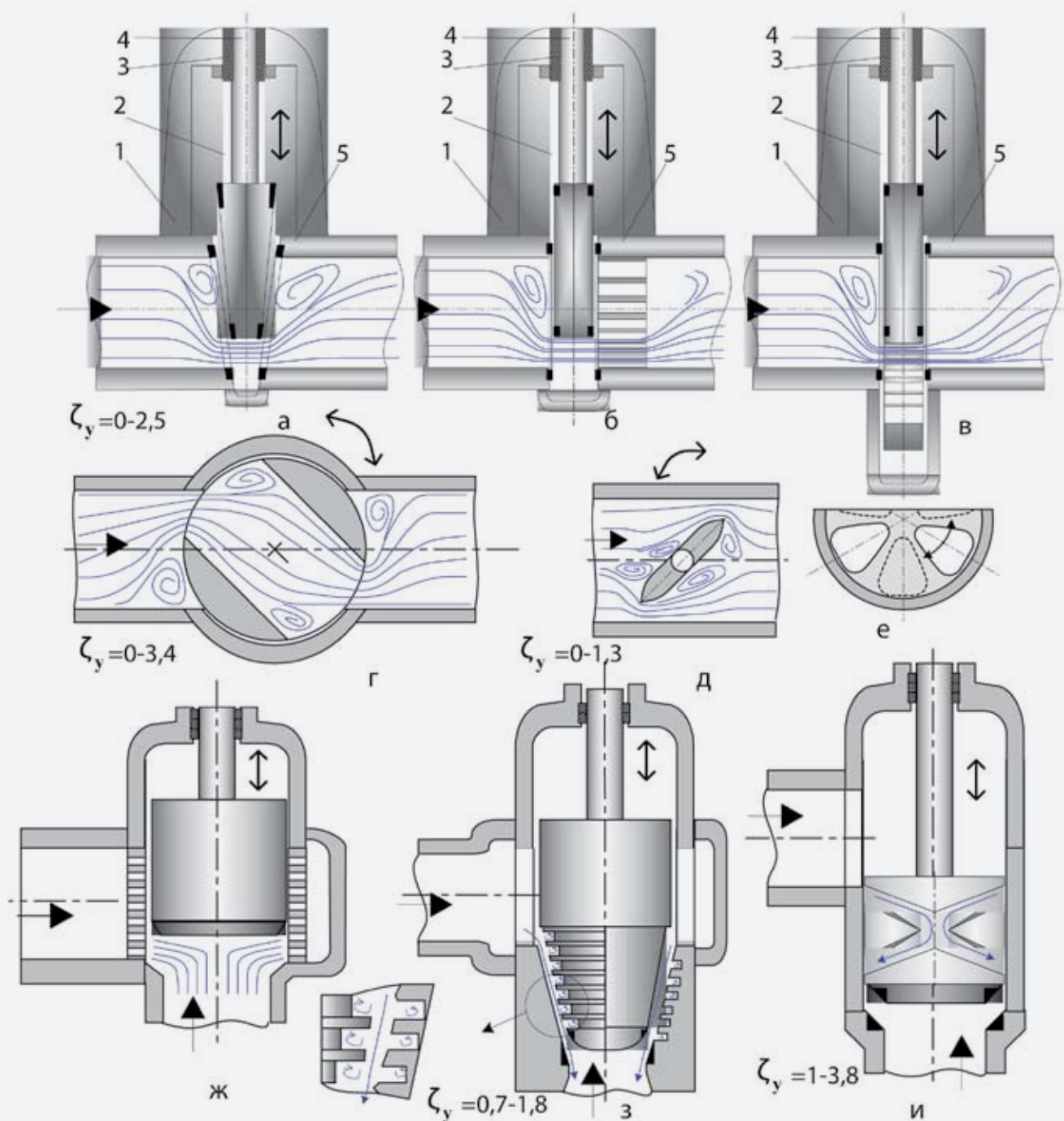


Рис. 5. Запорные и дроссельно-регулирующие устройства



а – задвижка; б – шибер; в – шибер (с окном); г – кран; д – затвор (заслонка); е – затвор-диск;  
Клапаны: ж – клеточный; з – конусный; и – с пересекающимися канавками

● для использования их при нефтедобыче разработаны кассетно-модульные конструкции быстросменных дросселей с пересекающимися каналами (ДПК), дискретные и ДРА плавного регулирования. Они осваиваются на заводе ЮГОКАМА.

При этом повышается продолжительность эксплуатации до ремонта при существенном снижении стоимости изготовления.

### Клапаны обратные (КО)

Доставляют достаточно хлопот, часто не имеют указателя положения. Разработаны и изготовлены клапаны с фиксацией. Предлагается:

– изготавливать КО в кассетно-модульном исполнении, повышающем надежность работы и снижающем себестоимость изготовления ряда DN;

Рис. 6. Модульные вставки



а – вставка; б – сопловая решетка с ограничением прямого потока; в – сопловая решетка с ограничением обратного потока

- снабжать их дистанционными указателями положения (ДУП);
- в ответственных случаях применять дожиматели пневмопружинного типа.

### Вставки ограничения аварийного расхода (ВОАР) (рис. 6)

- Разработаны и используются на реакторах, но не на ЭНО, разработаны их модульно-кассетные варианты, заметно уменьшающие их длину, снижающие стоимость изготовления;
- они очень перспективны, так как: надежны, не имеют движущихся частей, легко монтируются в стесненном пространстве, могут быть установлены в любое требуемое место, подлежащее защите от разрыва трубопровода и аварийного истечения.

### Предохранительные клапаны (ПК)

Это последняя ступень защиты контура под давлением, открываются они хорошо, обратно на седло садятся не всегда хорошо.

Имеющиеся предложения, с использованием унифицированных по давлению и DN пневмопружинных устройств, существенно повышают пассивность действия ПК (рис. 7).

### Переключающие устройства

Исключительно важны (рис. 8 и 9) для отсечных пневмопружинных актуаторов.

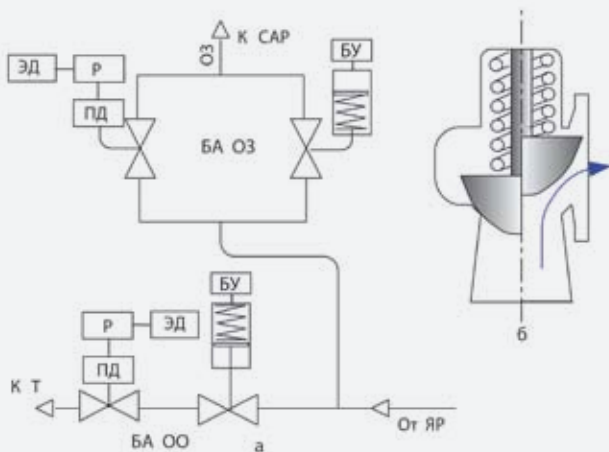
### Общие параметры арматуры унифицированной (АУ) (см. таблицу)

Расчеты показывают, что унификация снижает стоимость изготовления и поставки в 1,5-2 раза. Эффективность на 1 энергоблок достигает 900 млн руб.

### Достоинства и преимущества унификации

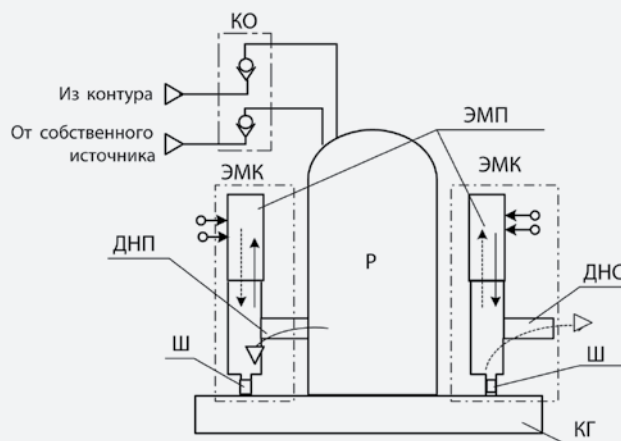
- Уменьшение массогабаритных и стоимостных параметров;
- повышение серийности изготовления развитой модульностью;

Рис. 7. Отсечная и предохранительная БА



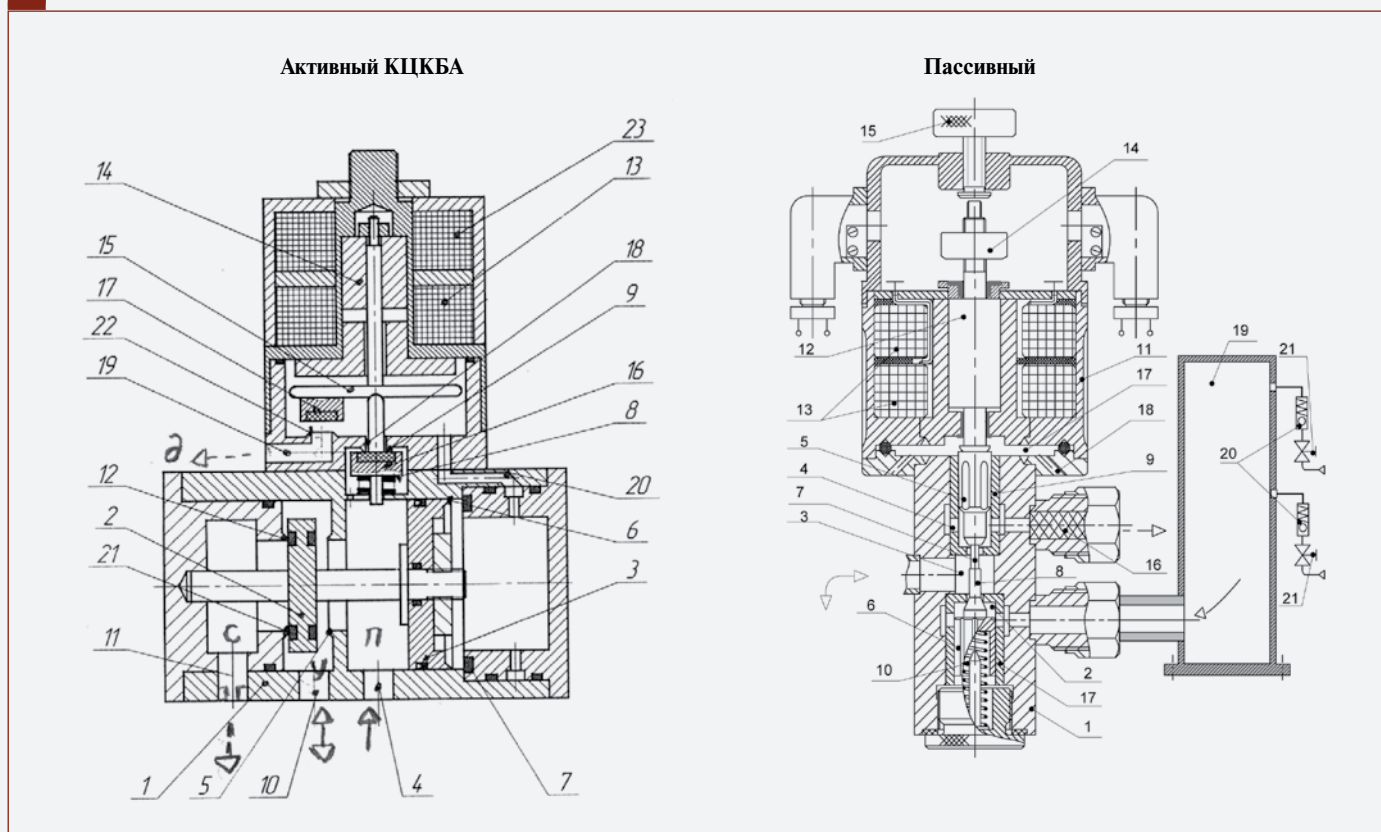
Замена или дополнение  
а – электроредукторных приводов пневмопружинными  
б – импульсно-предохранительных устройств (ИПУ) клапанами прямого действия

Рис. 8. Клапанный блок управления



ДН – дроссель настройки; КГ – коллектор газовый; КО – клапан обратный; Р – реверс (страховочный); ЭМ – электромагнитный; К – клапан; П – привод; Ш – штуцер соединительный

Рис. 9. Переключатели



- превращение уникальной ТПА в унифицированную;
- упрощение технологии изготовления и использования;
- быстрый монтаж-демонтаж; легкость установки и обслуживания;
- диагнозпригодность, переход к ремонту по состоянию;
- оптимизация потребительских свойств и длительный срок службы;
- активно-пассивное инициирование и исполнение защитного действия;
- обеспечение легко устанавливаемого быстродействия;
- существенное облегчение проблемы запасных частей.

### Отличительная черта разработок

- Все предлагаемые устройства удовлетворяют требованиям, предъявляемым к оборудованию новых АЭС и других энергонапряженных объектов (ТЭК и др.).
- Построены по кассетно-модульному принципу.
- Внедрение любого из предложений может осуществляться независимо одно от другого и на самых разных заводах.
- Эксплуатационный персонал получит надежные унифицированные изделия с единым ЗИПом, с простыми приемами обслуживания и ремонта.

Таблица

Параметр	Исполнение БА							Всего
	10-20	25-40	50-80	100-175	200-350	400-700	800-900	
Диаметр DN, мм	10-20	25-40	50-80	100-175	200-350	400-700	800-900	
Типоразмеров: БА	7	10	11	12	13	16	3	72
АУ	1	1	1	1	1	1	1	7
Количество изделий на 1 э/блок	70	35	88	70	52	53	12	380
Поставщики: БА АУ	Arako, Velan, Vanatom, Sempell, CCI, Minerva, MSA ЗЭиМ, ЮГОКАМА, ИКАР, КЦКБА, ЧЗЭМ, ПТПА							