

КУРС R00: «СИСТЕМЫ И ОБОРУДОВАНИЕ РЦ»

МОДУЛЬ 2: «ОБОРУДОВАНИЕ И СИСТЕМЫ РО»

ТЕМА 1: «ОСНОВНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ РУ»

ЗАНЯТИЕ 2: «АКТИВНАЯ ЗОНА»

ЦЕЛИ ОБУЧЕНИЯ

- Назвать условия работы и требования к конструкции ТВС
- Описать назначение и конструкцию ТВС
- Объяснить принцип работы ТВС
- Назвать характеристики ТВС
- Объяснить влияние твэла (твэга) на безопасность АЭС
- Назвать пределы повреждения твэл и твэг
- Объяснить маркировку ТВС
- Описать назначение и конструкцию ПС СУЗ
- Назвать технические характеристики ПС СУЗ
- Описать назначение и технические характеристики привода СУЗ ШЭМ-3
- Описать требования нормативно-технической документации к конструкции привода СУЗ ШЭМ-3
- Описать принцип работы привода СУЗ ШЭМ-3 и его составных частей
- Описать нарушения в работе приводов ШЭМ-3 выявленные при эксплуатации

ИЗМЕНЕНИЯ В МАТЕРИАЛАХ ПРИ ОБЛУЧЕНИИ

- Радиационное упрочнение и охрупчивание
- Радиационное распухание материала
- Радиационная ползучесть
- Радиационный рост

Пути увеличения стабильности материалов при облучении:

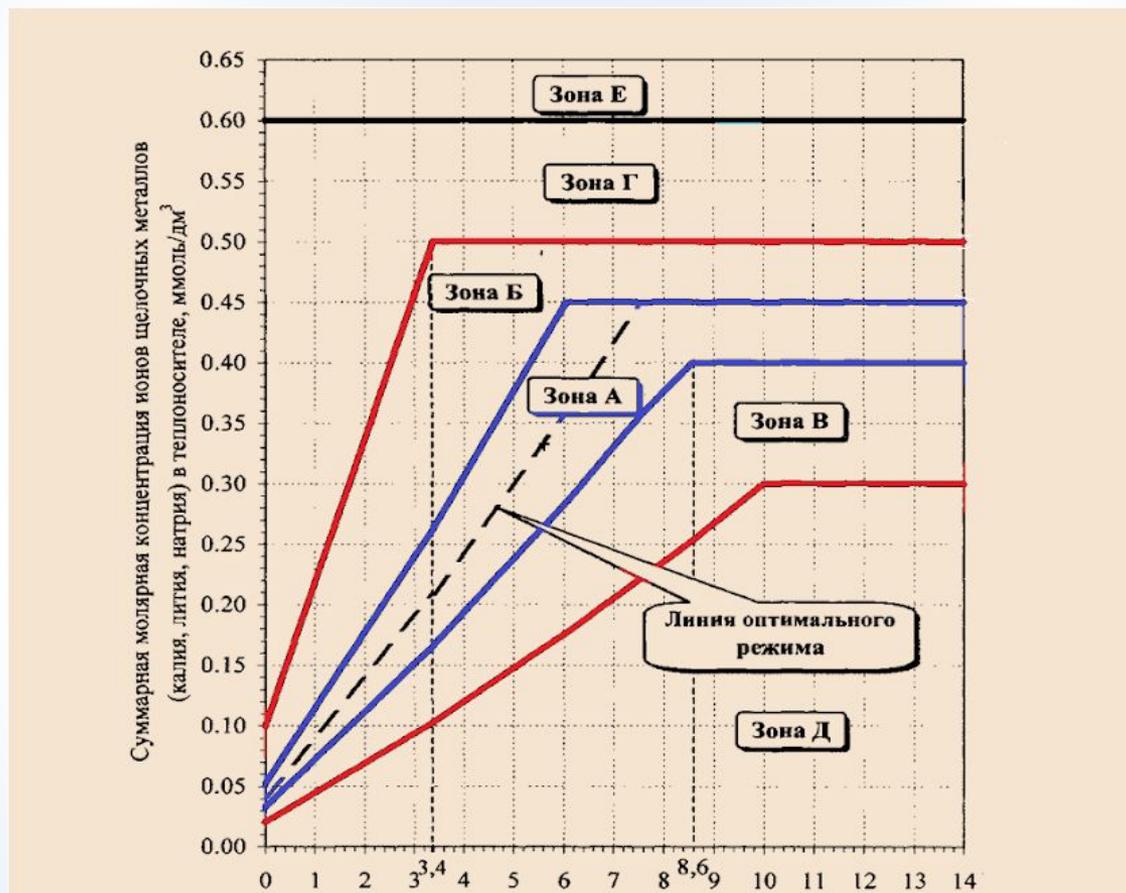
- Легирование
- Измельчение зерна
- Замена кристаллических материалов на аморфные (например использование губчатого сплава для изготовления оболочек ТВЭЛ)
- Термомеханическая обработка

ВОДНО-ХИМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ

ВХР - слабощелочной, восстановительный, координированный, аммиачно-калиевый водно-химический режим с борной кислотой

- Радиоллиз: $2\text{H}_2\text{O} = 2\text{H}_2 + \text{O}_2$
- Подавление радиоллиза: $2\text{NH}_3 = \text{N}_2 + 3\text{H}_2$
- Обескислораживание: $\text{N}_2\text{H}_4 + \text{O}_2 = \text{N}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
- Поддержание суммы щелочных металлов (K, Li, Na) по оптимальной координированной зависимости от концентрации РБК

ЗАВИСИМОСТЬ КОНЦЕНТРАЦИИ ИОНОВ ЩЕЛОЧНЫХ МЕТАЛЛОВ В ТЕПЛОНОСИТЕЛЕ ПЕРВОГО КОНТУРА ОТ ТЕКУЩЕЙ КОНЦЕНТРАЦИИ БОРНОЙ КИСЛОТЫ

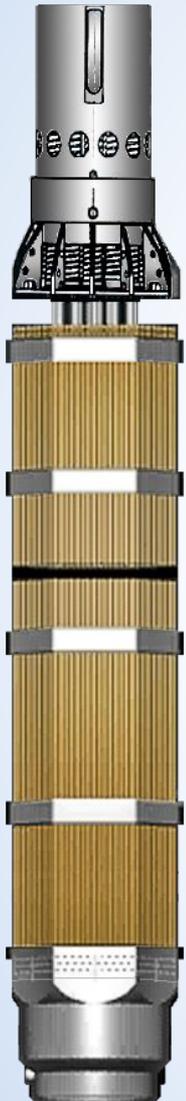


Концентрация борной кислоты, г/дм³

ОСНОВНЫЕ ТЕПЛО-ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РАБОТЫ ТВС

- Давление теплоносителя в первом контуре, абсолютное - $16,2 \pm 0,3$ МПа
- Температура теплоносителя на входе в реактор - $298,1^{+2}_{-4}$ °С
- Температура теплоносителя на выходе из реактора - $329,5 \pm 5,0$ °С
- Перепад давления на реакторе - $0,392 \pm 0,04$ МПа
- Скорость теплоносителя в ТВС - 5,6 м/с
- Коэффициент запаса до всплытия для ТВС не менее 1,60 при номинальных параметрах теплоносителя и не менее 1,56 при температуре теплоносителя 200 °С
- Температура оболочки твэл - 355°С
- Паросодержание теплоносителя до 11,4 % по массе
- Максимальная линейная мощность твэла (в нижней половине активной зоны) – 420 Вт/см
- Максимальная линейная мощность твэга (в нижней части до уровня 74%) – 360 Вт/см
- Предел безопасной эксплуатации по запасу до кризиса теплообмена на поверхности твэла, отн. ед. 1,0 (фактическая величина - не менее 1,39 с вероятностью 95 %)
- Максимальная температура топлива в твэле (твэге) - 1587 (1491)°С

ТРЕБОВАНИЯ К КОНСТРУКЦИИ ТВС



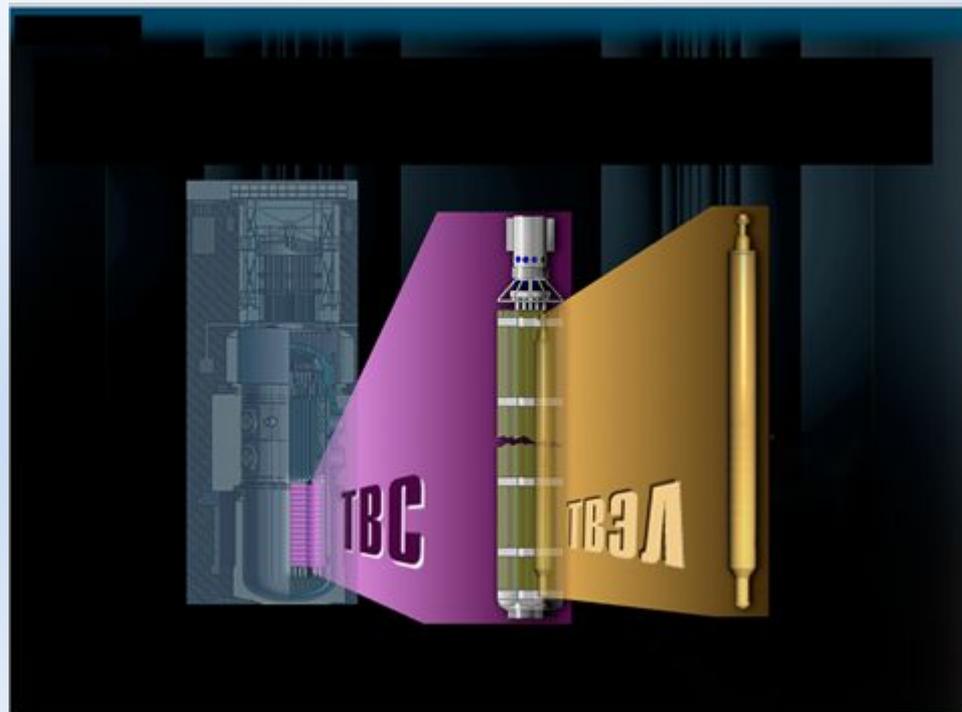
Активная зона спроектирована с учетом :

- проектного количества режимов и их проектного протекания
- тепловой, механической и радиационной деформации компонентов активной зоны
- физико - химического взаимодействия материалов активной зоны
- предельных значений теплотехнических параметров
- вибрации и термоциклирования, усталости и старения материалов
- влияния примесей в теплоносителе и продуктов деления на коррозию оболочек твэлов
- воздействия радиационных и других факторов, ухудшающих механические характеристики материалов активной зоны и целостность оболочек твэлов
- характеристики ядерного топлива не допускают образования при разрушении активной зоны или расплавлении топлива вторичных критических масс
- для активной зоны установлено соответствие между пределами повреждения твэлов и активностью теплоносителя первого контура по реперным изотопам (I 131-135) и ведется КГО твэл
- технические решения, принятые для конструкции топливной системы , апробированы прежним опытом или испытаниями
- обоснована возможность выгрузки активной зоны и ее компонентов после проектной аварии
- исключено заклинивание, выброс или самопроизвольное падение ПС СУЗ

НАЗНАЧЕНИЕ И КЛАССИФИКАЦИЯ ТВС

ТВС предназначена для генерирования тепловой энергии и передачи ее потоку теплоносителя в активной зоне реактора

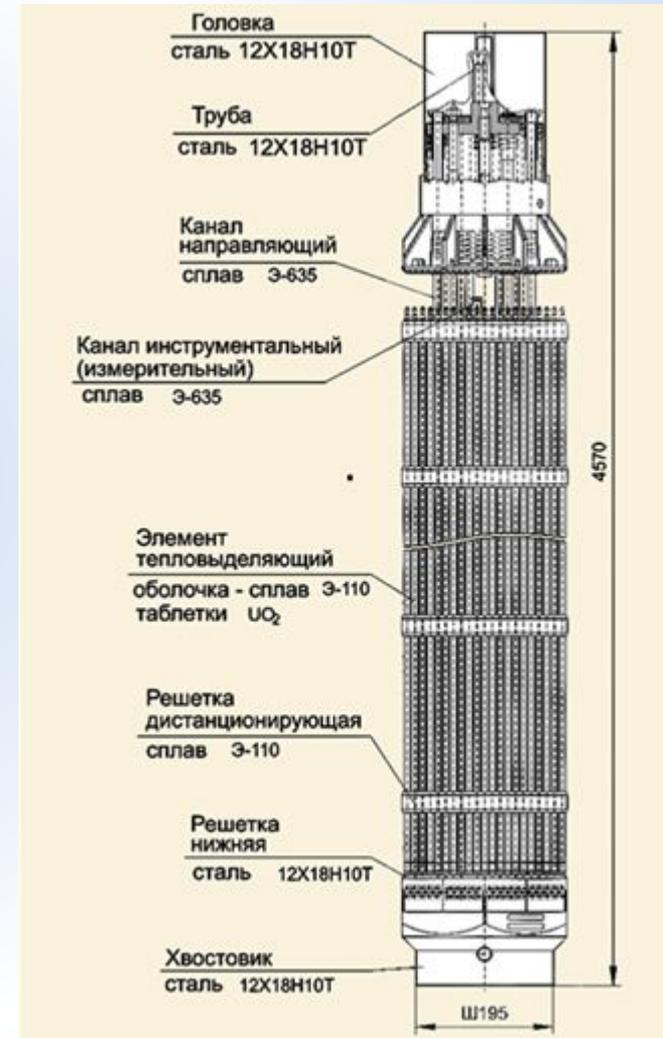
Тепловыделяющая сборка по назначению и влиянию на безопасность относится к 1 классу безопасности в соответствии с НП-001-97 (ОПБ-88/97) классификационное обозначение 1Н, и 1 категории сейсмостойкости по НП-031-01



СОСТАВНЫЕ ЧАСТИ ТВС

ТВС состоит из следующих составных частей:

- ГОЛОВКИ
- жесткого каркаса (состоит из 18 каналов направляющих, инструментального канала, 13 решеток дистанционирующих (ДР) и решетки нижней (НР))
- ТВЭЛОВ (ТВЭГОВ)
- ХВОСТОВИКА



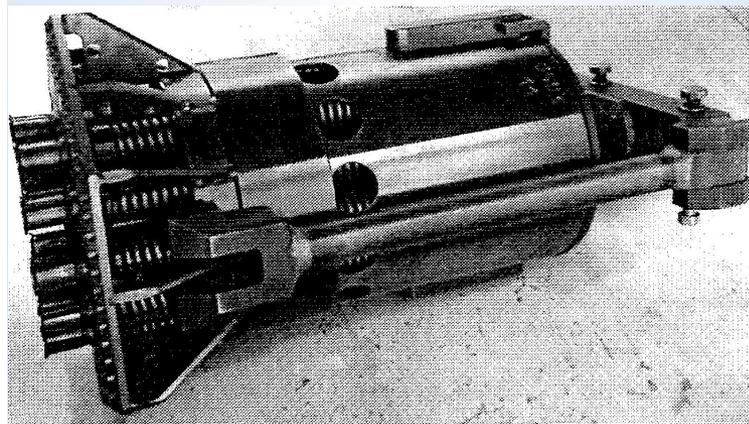
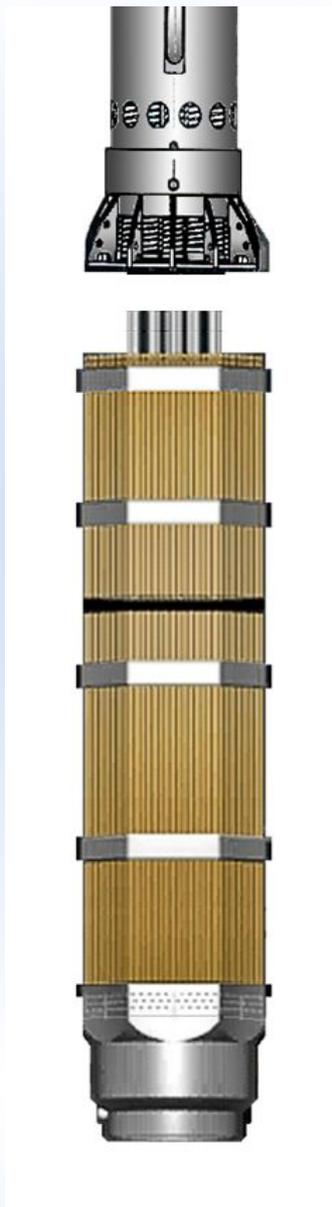
ФУНКЦИИ ГОЛОВКИ ТВС

Головка выполняет в ТВС следующие функции:

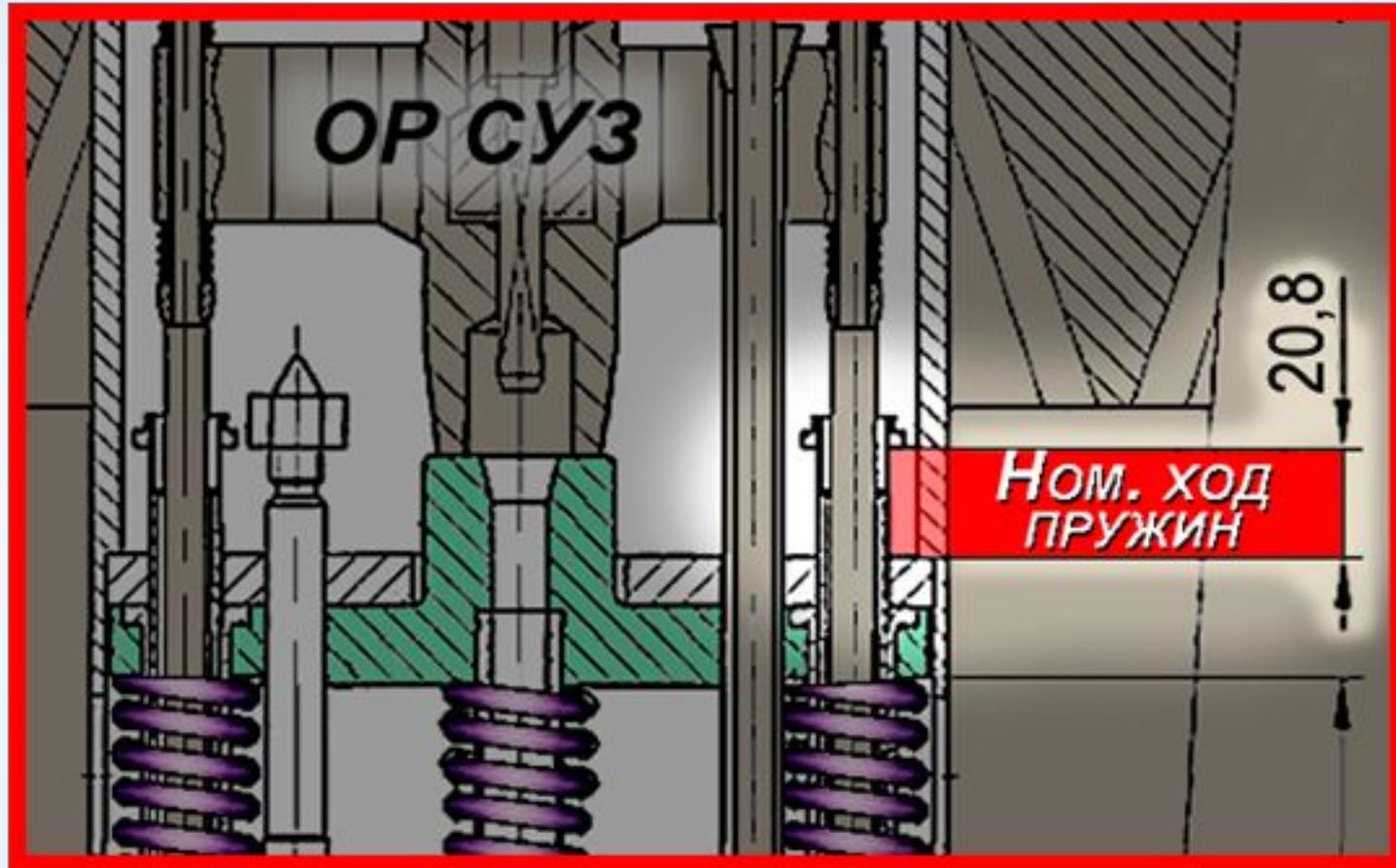
- обеспечивает разъемное соединение с жестким каркасом
- обеспечивает с учетом допусков и разности температурных удлинений ТВС и ВКУ необходимое усилие поджатия ТВС в активной зоне реактора
- обеспечивает постоянное сопряжение ТВС с гнездом плиты БЗТ и сопряжение каналов для ПС СУЗ, размещенных в ТВС и направляющих трубах БЗТ реактора
- взаимодействует с захватными устройствами транспортно-технологического оборудования
- защищает от механического повреждения верхние торцы твэлов и твэгов при перегрузках ТВС
- стабилизирует выход потока теплоносителя из активной зоны
- демпфирует падение ОР СУЗ при срабатывании аварийной защиты
- обеспечивает представительность термоконтроля теплоносителя на выходе из ТВС
- обеспечивает ввод в ТВС датчиков внутриреакторного контроля (КНИ или КНИТ, КНИТУ)

РАЗЪЕМНОЕ СОЕДИНЕНИЕ ГОЛОВКИ ТВС

Разъемное
соединение
головки ТВС с
жестким каркасом
делает ТВС
ремонтпригодной,
позволяет
разбирать ТВС и
заменять
дефектные твэлы
(ТВЭГи)

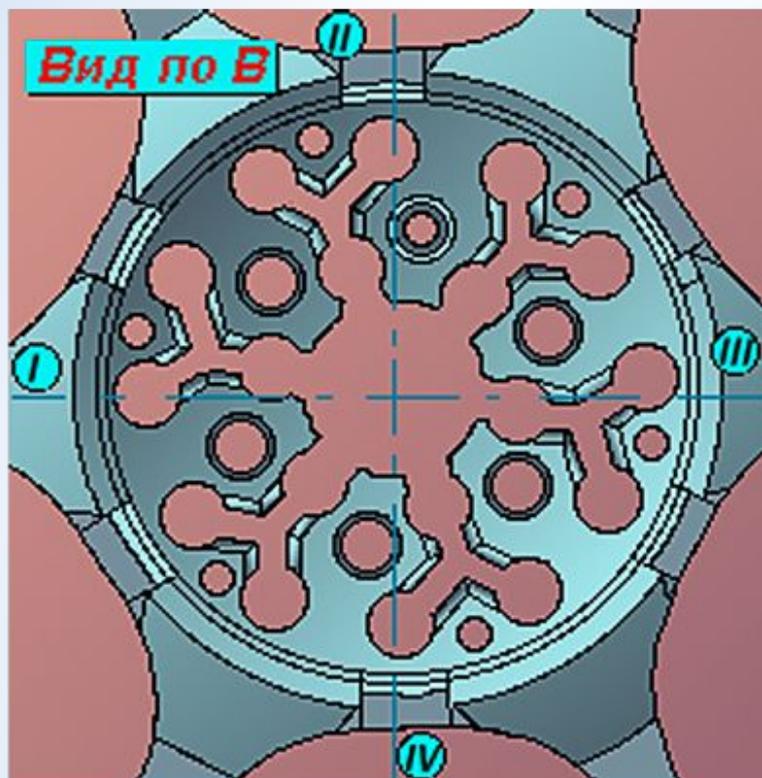


ПОДЖАТИЕ ТВС

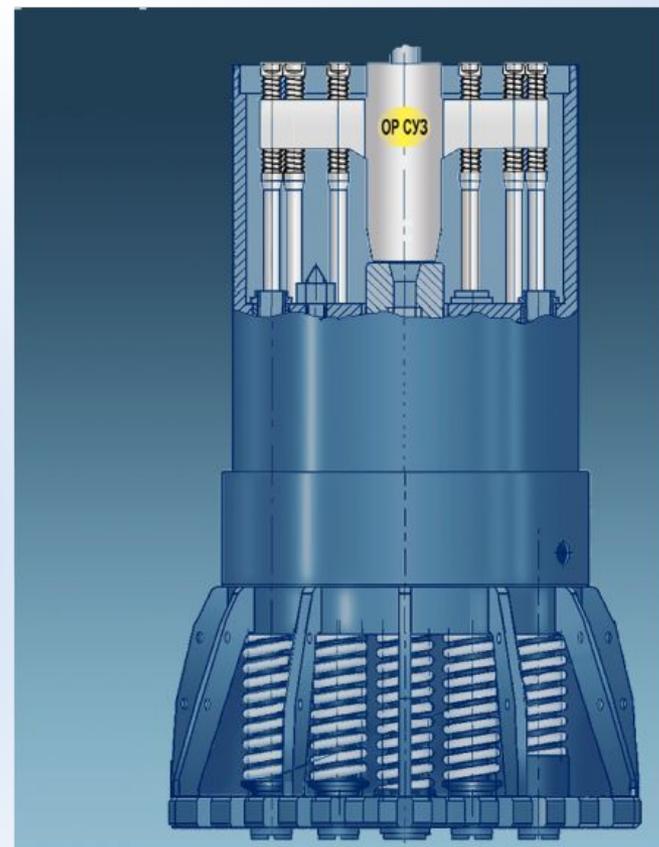


Поджатие ТВС осуществляется за счет пружин расположенных в головке ТВС при нажатии БЗТ на верхнюю обечайку головки ТВС

СОПРЯЖЕНИЕ ТВС



Направляющая труба БЗТ

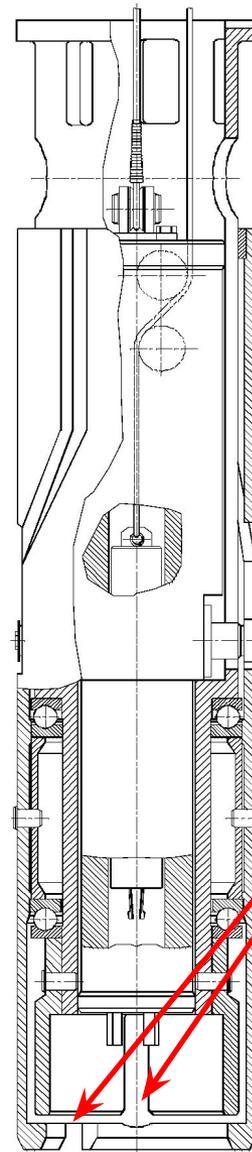


ОР СУЗ в нижнем положении

Сопряжение ТВС с гнездом плиты БЗТ и сопряжение каналов для ПС СУЗ, размещенных в ТВС и направляющих трубах БЗТ реактора

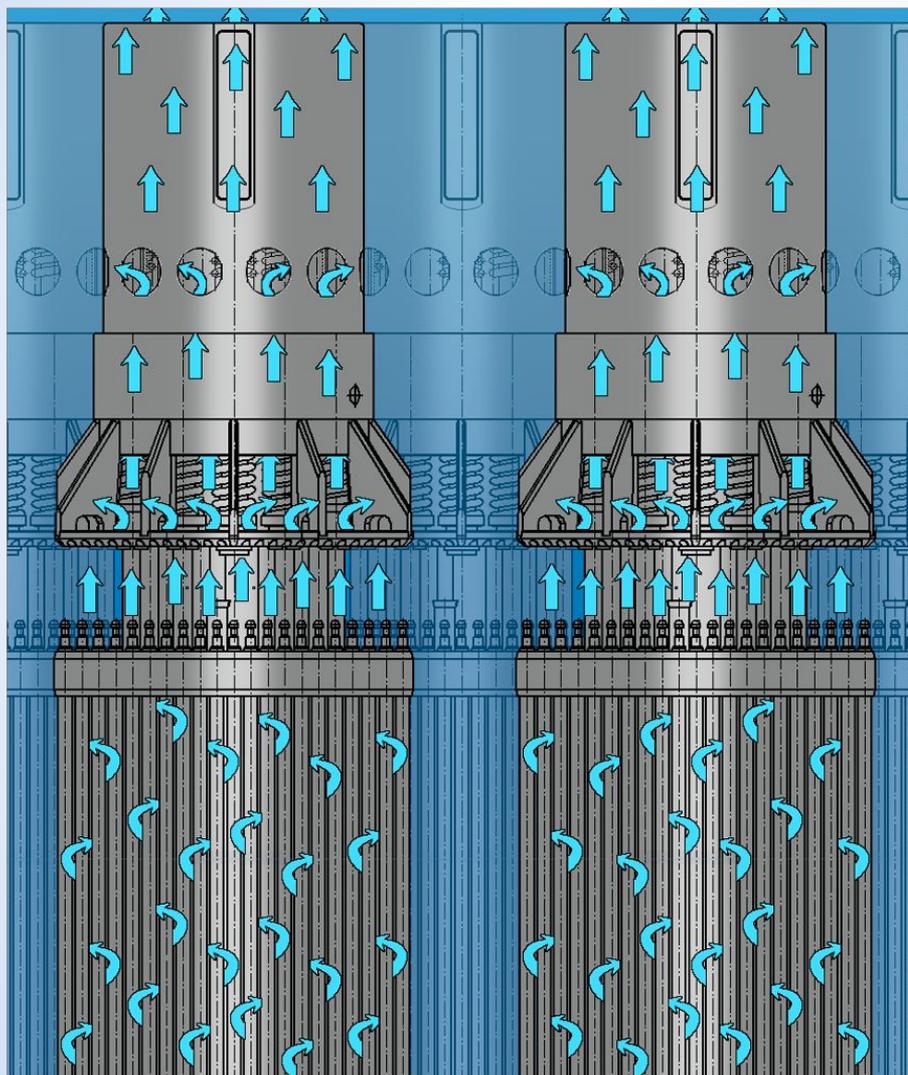
ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ГОЛОВКИ ТВС

Ребра обечайки верхней взаимодействует с захватными устройствами транспортно-технологического оборудования (захватом штанги перегрузочной машины)



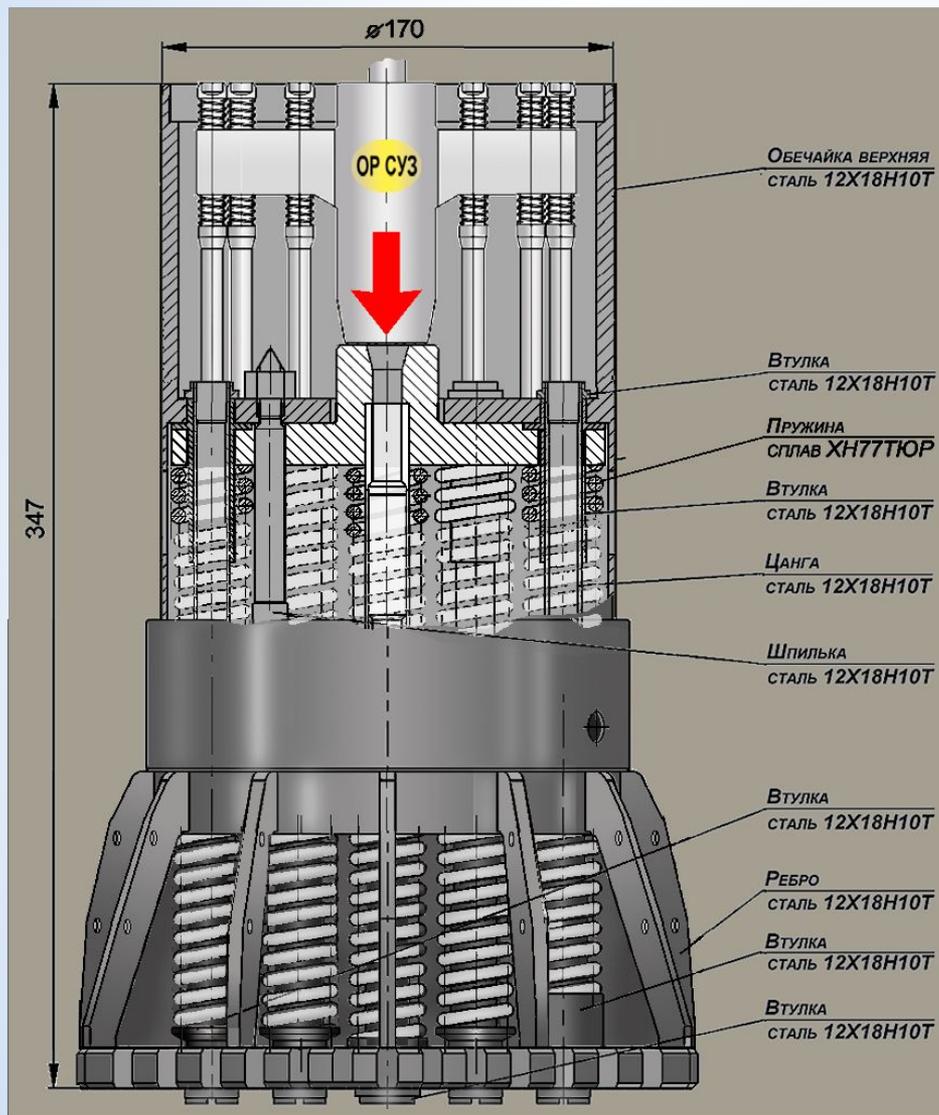
Прорези под ребра обечайки верхней ТВС

ФУНКЦИИ ГОЛОВКИ ТВС



Головка ТВС имеет отверстия для выхода теплоносителя, стабилизирует выход потока теплоносителя из активной зоны

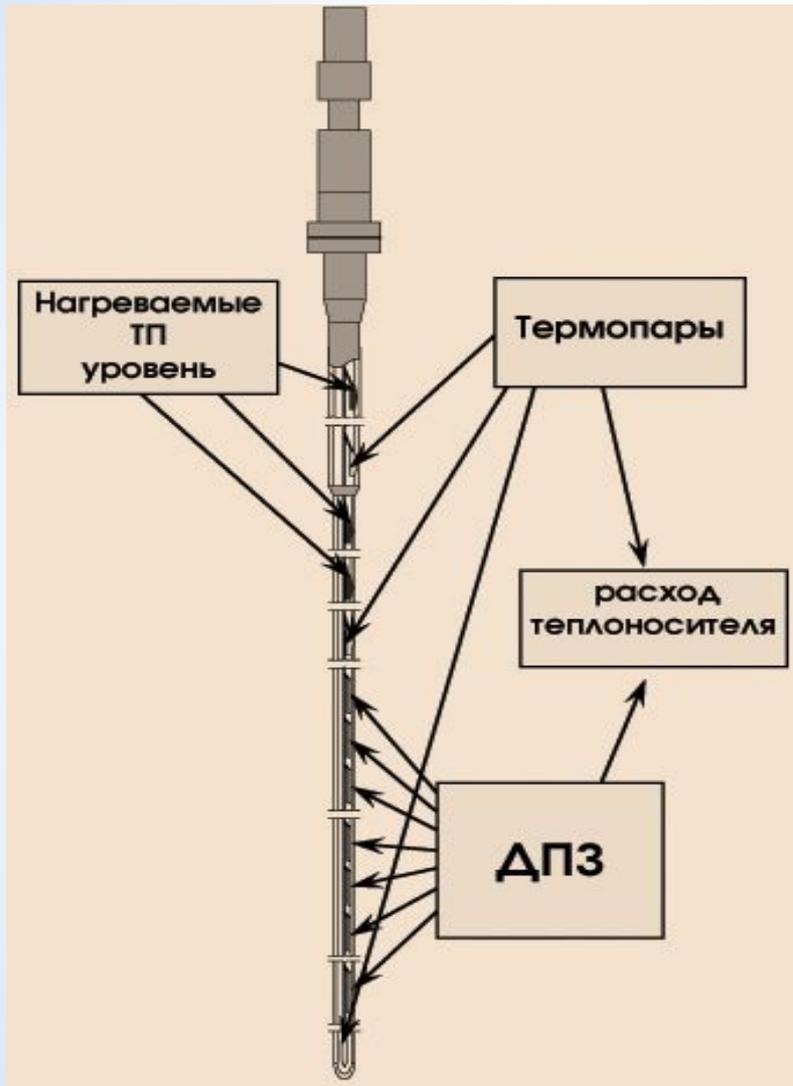
ДЕМПФИРОВАНИЕ ГОЛОВКИ ТВС



Демпфирование падения ОР СУЗ при срабатывании аварийной защиты осуществляется пружинами головки ТВС.

Демпфирование производится также пружинами штанги привода ШЭМ и пружинами ПС СУЗ

ВВОД ДАТЧИКОВ ВНУТРИРЕАКТОРНОГО КОНТРОЛЯ



Ввод датчиков внутриреакторного контроля осуществляется через патрубки верхнего блока, чехловые трубы БЗТ в инструментальный канал ТВС

Сборка внутриреакторных детекторов

ГОЛОВКА ТВС

Головка ТВС состоит из следующих составных частей:

- верхней обечайки

- нижней обечайки

- опорной плиты

- трубы

- цанг

-пружин, образующих

пружинный блок

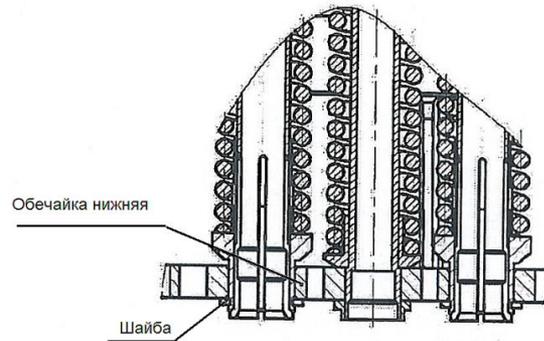
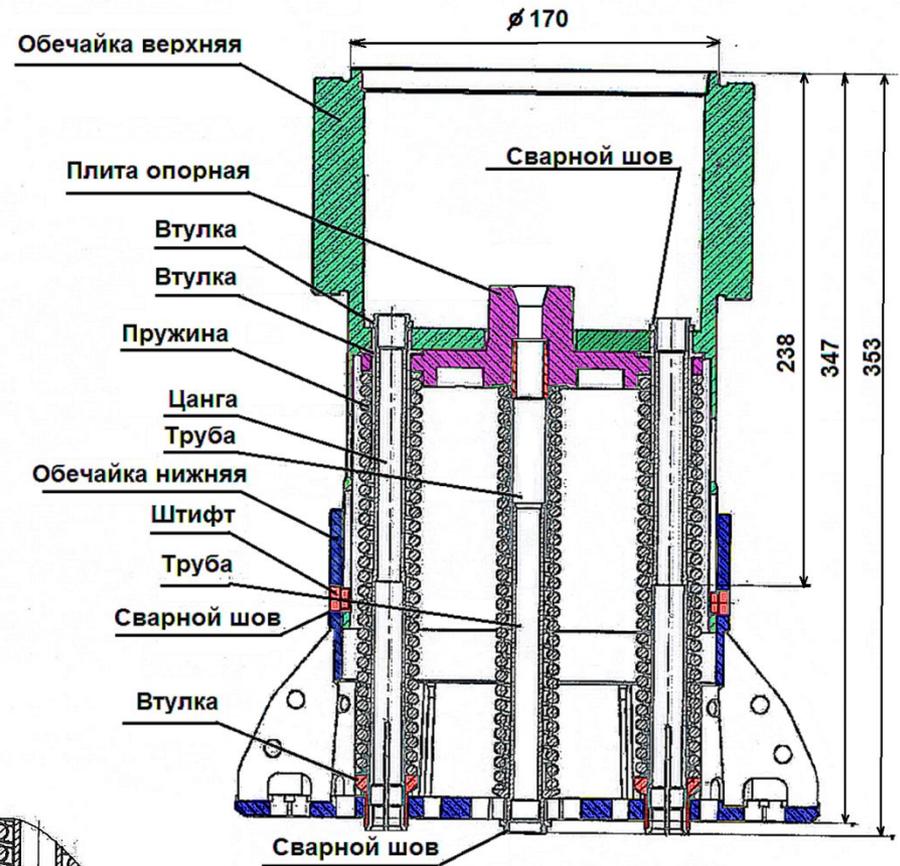
- втулок и штифтов,

связывающих

сборочные единицы и

детали головки в

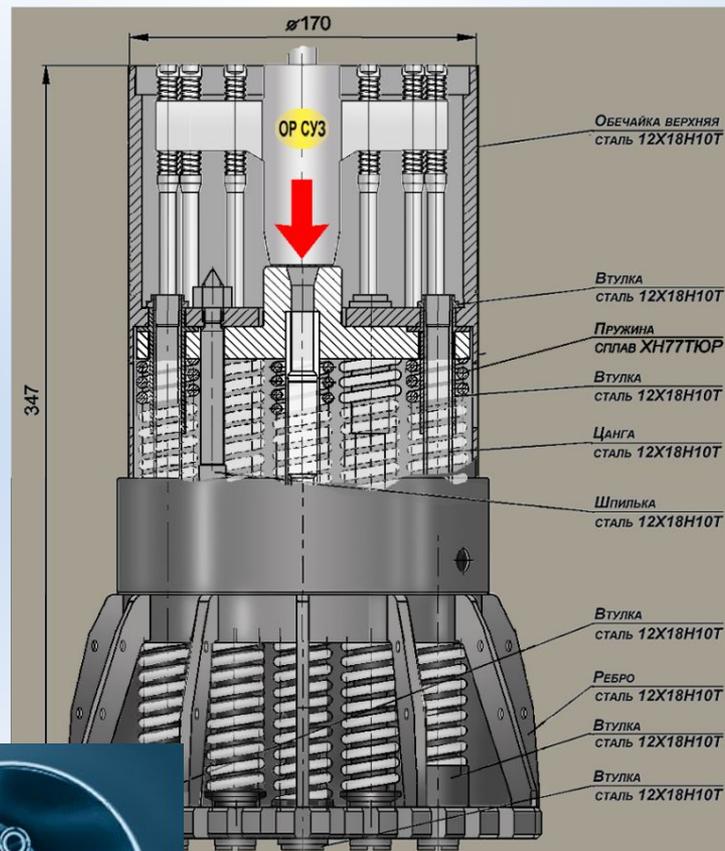
единую конструкцию



ДЕМПФИРОВАНИЕ ПАДЕНИЯ ОР СУЗ ПРИ СРАБАТЫВАНИИ АЗ

Плита опорная с имеющимся в центре выступом воспринимает нагрузки от удара ОР СУЗ при срабатывании аварийной защиты ректора и передает их 16 пружинам, на которые она опирается.

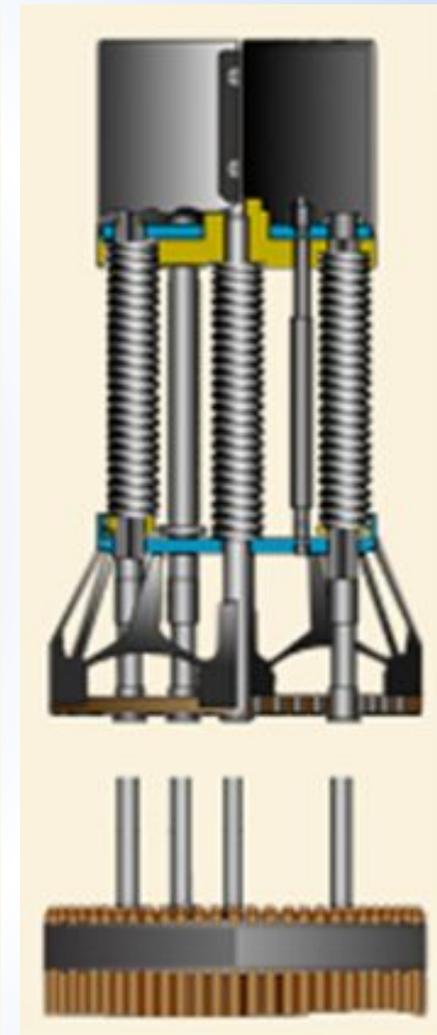
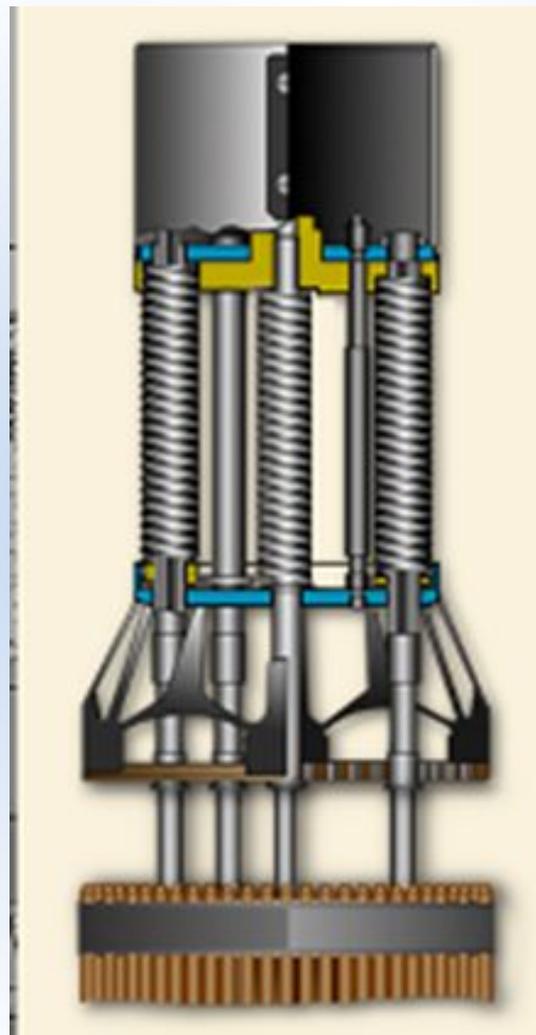
Шесть втулок, установленных с натягом в отверстия плиты, обеспечивают направленное (без перекосов) движение опорной плиты в процессе демпфирования падающего ОР СУЗ.



ФУНКЦИИ ЦАНГ ГОЛОВКИ ТВС

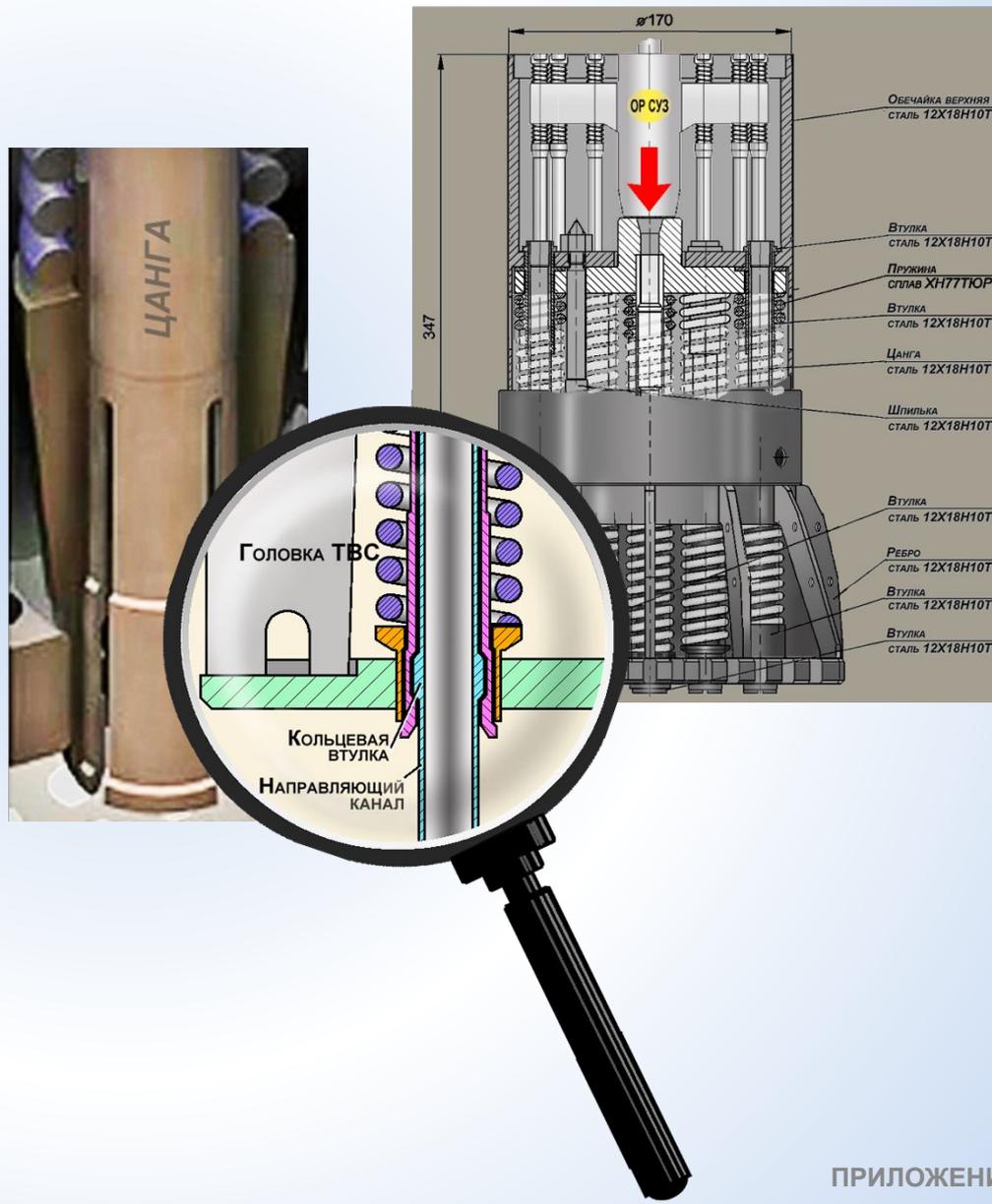
Цанги в головке ТВС выполняют следующие функции:

- служат в качестве направляющих для пружин, опорной плиты, верхней и нижней обечаек
- образуют разъемное соединение головки с направляющими каналами
- обеспечивают передачу усилий действующих на головку в процессе эксплуатации ТВС, на направляющие каналы, которые являются несущими элементами конструкции ТВС
- служат в качестве направляющих ПЭЛ при установке ПС СУЗ в направляющие каналы



УСТРОЙСТВО ЦАНГ ГОЛОВКИ ТВС

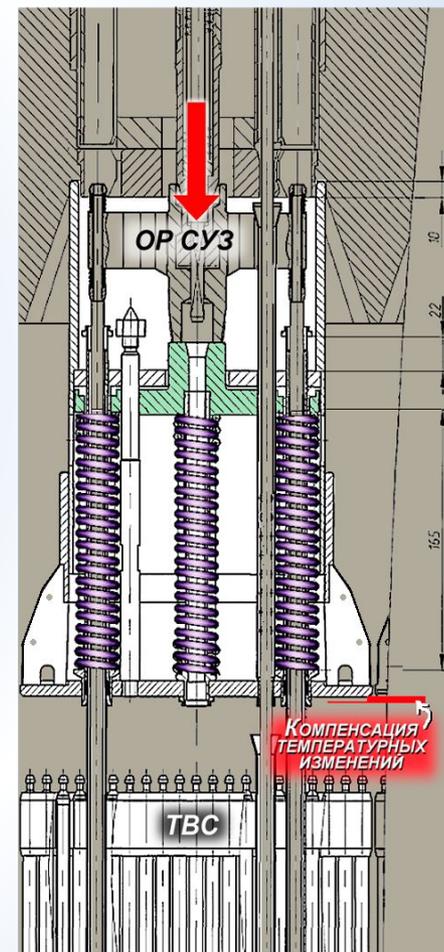
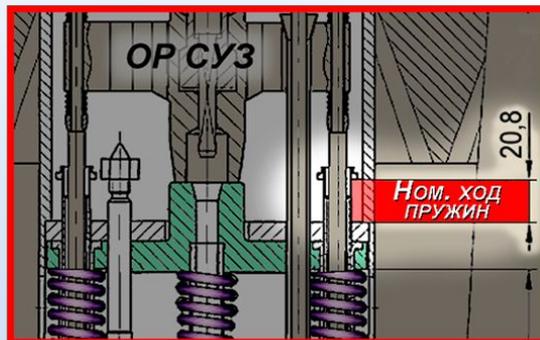
Цанги головки ТВС выполнены в виде трубы с цанговым захватом. Цанга имеет внешний бурт и внутренний уступ. На внешние бурты через опорные втулки передаются усилия от 18 пружин головки. Усилие от центральной пружины передается через решетку нижней обечайки на внешние бурты цанг. Для исключения радиального зазора в соединении цанги с направляющим каналом блокирование цанги осуществляется подпружиненной втулкой, опирающейся на бурт на нижнем конце цанги.



БЛОК ПРУЖИН ГОЛОВКИ ТВС

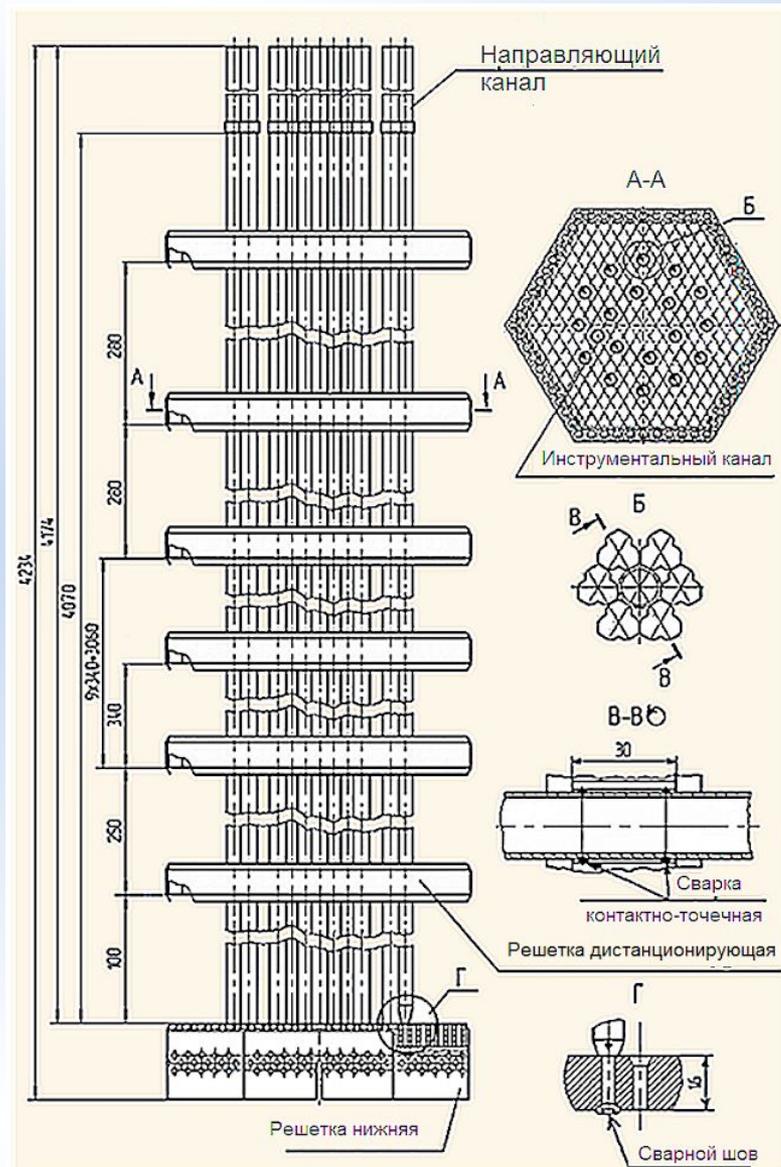
Пружины в совокупности представляют собой пружинный блок, который позволяет:

- обеспечить поджатие ТВС в реакторе с необходимым запасом до всплытия во всех проектных режимах эксплуатации
- компенсировать допуски установочного размера по высоте ТВС и охватывающего ее размера ВКУ реактора
- компенсировать разность температурных расширений ТВС и ВКУ реактора
- компенсировать изменение длины каналов ТВС от радиационного роста и ползучести (с учетом неравномерности удлинения каналов)
- демпфировать падение ОР СУЗ



СОСТАВ ЖЕСТКОГО КАРКАСА ТВС

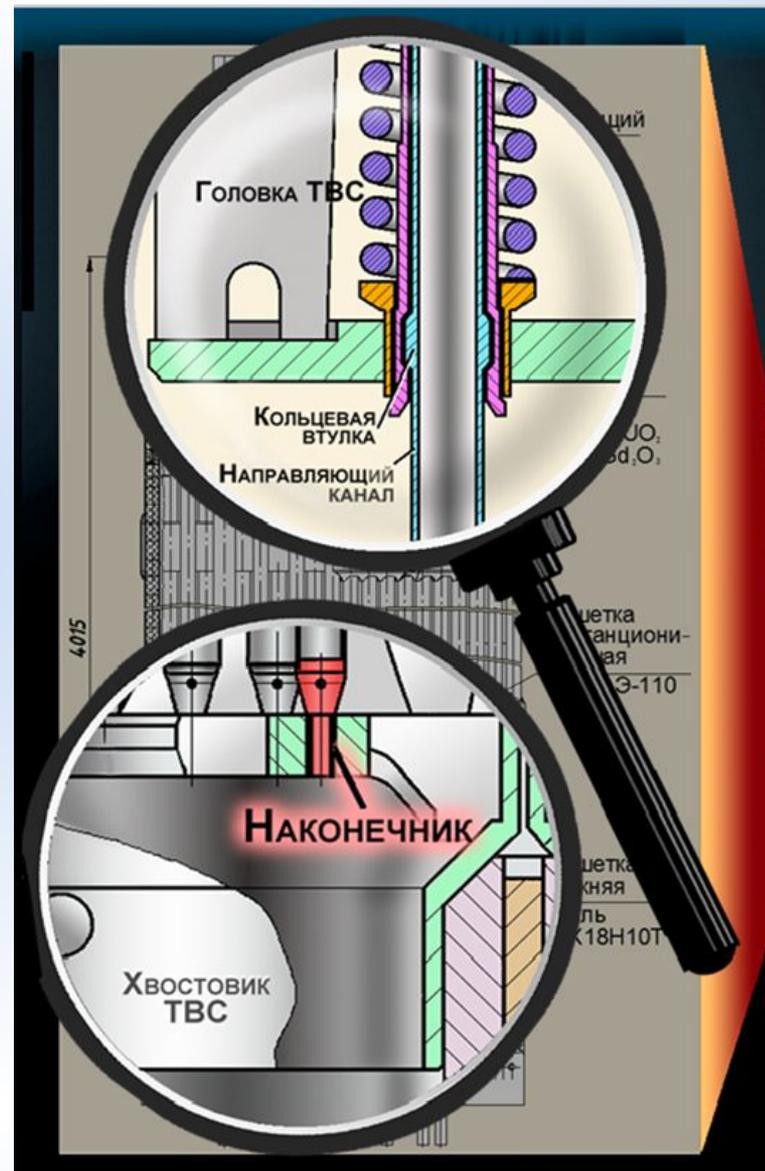
Жесткий каркас состоит из 18 каналов (направляющих), инструментального канала, 13 приварных решеток дистанционирующих (ДР) и решетки нижней (НР). В жесткий каркас устанавливается 312 тепловыделяющих элементов (ТВЭЛОВ и ТВЭГОВ).



ФУНКЦИИ НАПРАВЛЯЮЩЕГО КАНАЛА

Направляющие каналы (НК) служат силовым элементом жесткого каркаса и направляющими для перемещения в них ПС СУЗ.

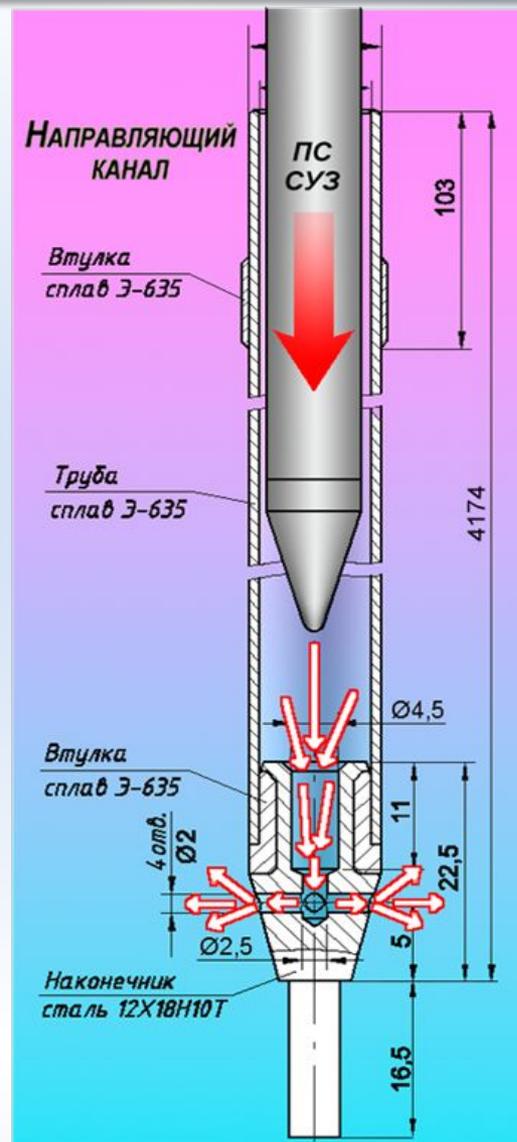
НК имеет в верхней части кольцевую втулку для разъемного соединения с головкой ТВС, а в нижней части - наконечник для закрепления в решетке нижней на сварке



ФУНКЦИЯ ОХЛАЖДЕНИЯ ПЭЛ НАПРАВЛЯЮЩЕГО КАНАЛА

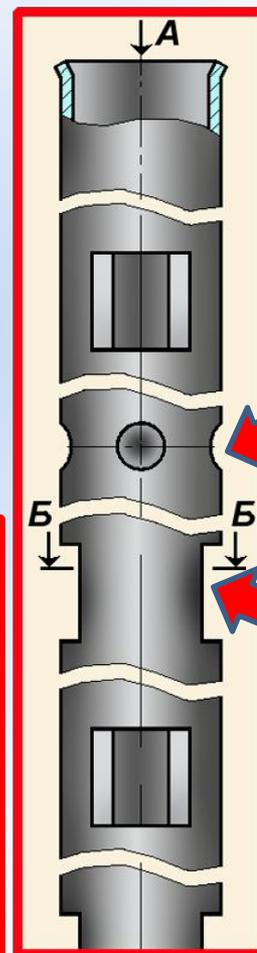
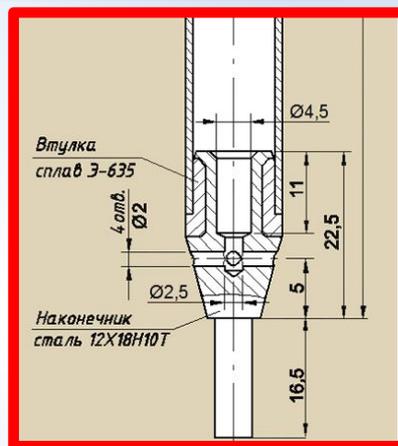
Для протока теплоносителя в направляющем канале его наконечник имеет четыре боковых отверстия диаметром два миллиметра, входящих в центральное отверстие диаметром два с половиной миллиметра с переходом на отверстие четыре с половиной миллиметра.

Это обеспечивает достаточное охлаждение ПЭЛ и приемлемую скорость и время свободного падения ПС СУЗ со штангой СУЗ при срабатывании аварийной защиты.

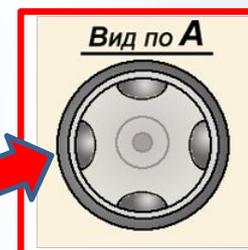


ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЙ КАНАЛ ЖЕСТКОГО КАРКАСА ТВС

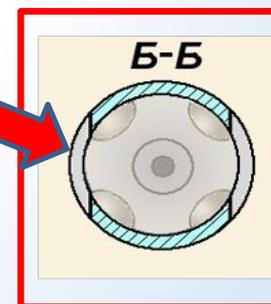
Инструментальный канал снабжен системой пазов для протока теплоносителя и пуклевки для центрирования чехла СВРД внутри трубы инструментального канала. Имеет наконечник для установки в решетку нижнюю жесткого каркаса ТВС на сварке.



Пуклевки



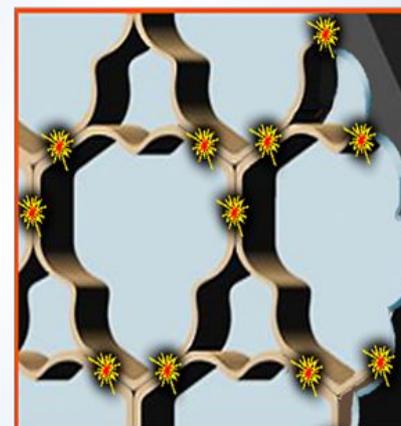
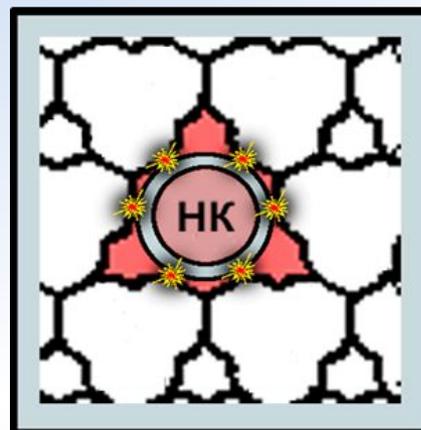
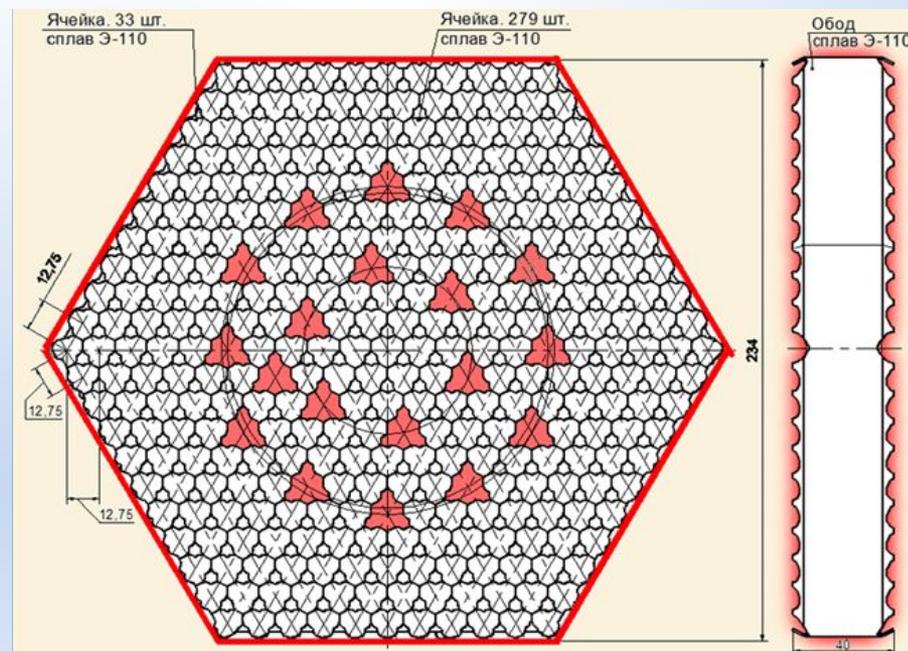
Пазы



ЦИРКОНИЕВАЯ ДИСТАНЦИОНИРУЮЩАЯ РЕШЕТКА

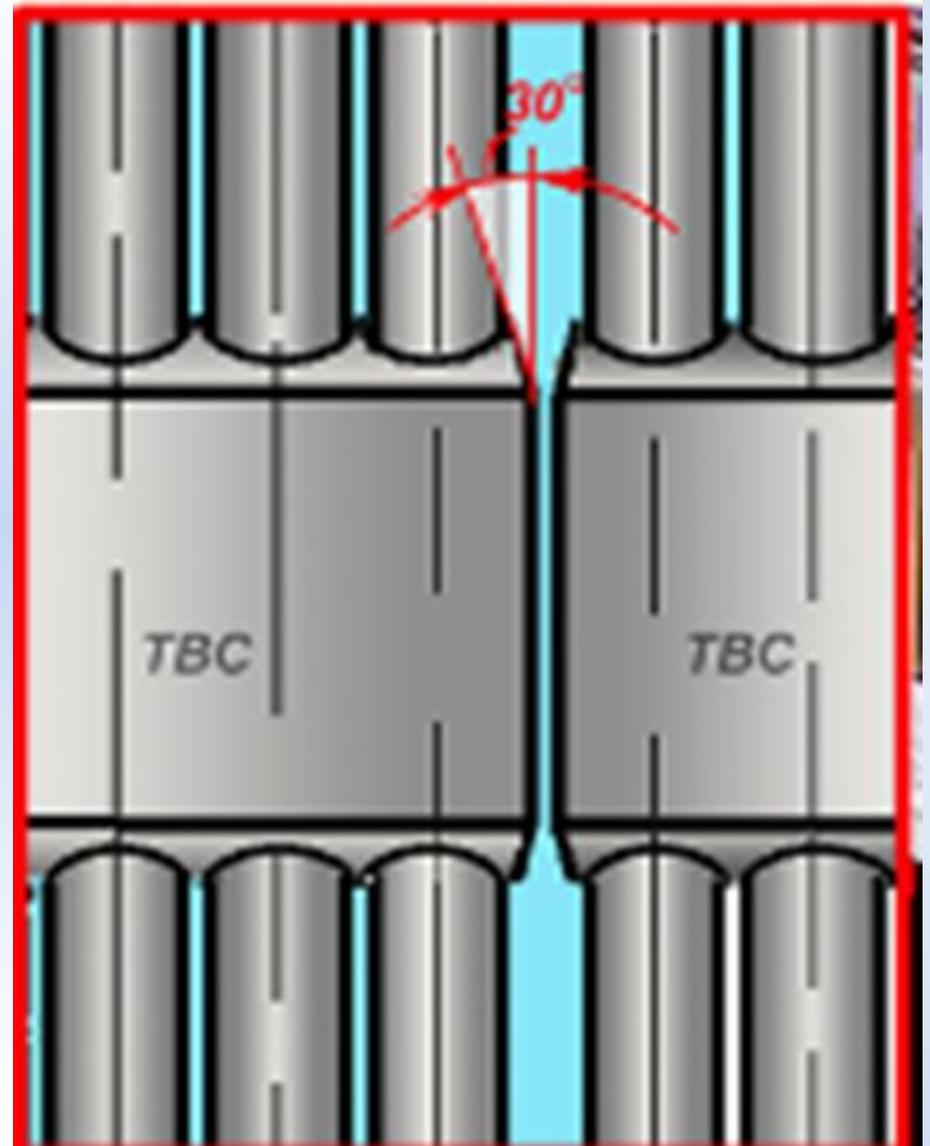
Циркониевая дистанционирующая решетка (ДР) сотового типа состоит из 312 ячеек, заключенных в обод. В местах под направляющий и инструментальный канал ячейки не устанавливаются. ДР соединены с каналами направляющими посредством контактной-точечной сварки образуя жесткий несущий каркас.

Наличие жесткого каркаса ТВС и конструкция ДР обеспечивают стойкость ТВС к формоизменениям в течение всего срока ее эксплуатации.



ДИСТАНЦИОНИРУЮЩАЯ РЕШЕТКА

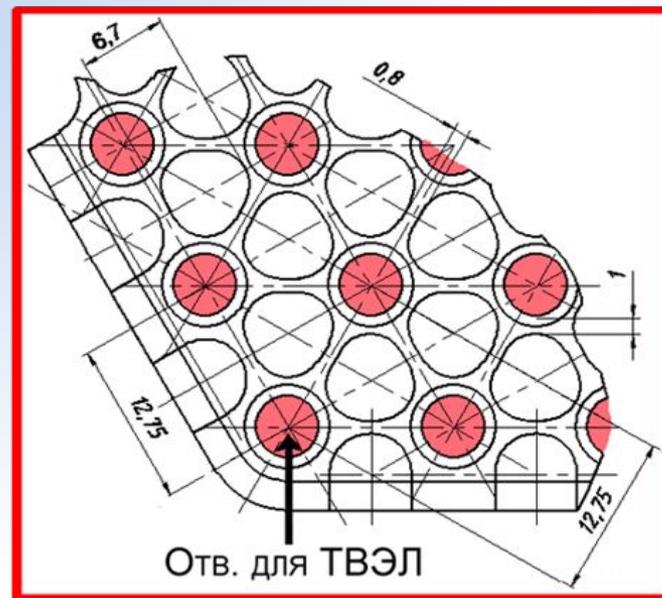
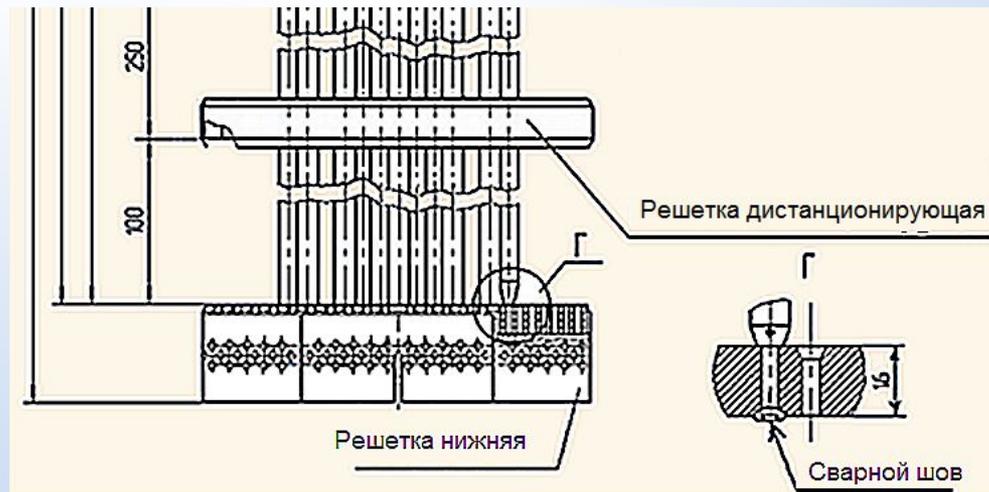
За счет скосов (отбортовки) под углом 30° по всему периметру ДР (включая стыки) обеспечивается отсутствие зацепления ТВС дистанционирующими решетками с транспортно-технологическим оборудованием и с соседними ТВС при загрузке - выгрузке активной зоны.



СОСТАВ РЕШЕТКИ НИЖНЕЙ

Решетка представляет собой перфорированную плиту с отверстиями для установки и крепления ТВЭлов, ТВЭГов, направляющих и инструментальных каналов, а также пазами для протока теплоносителя в ТВС.

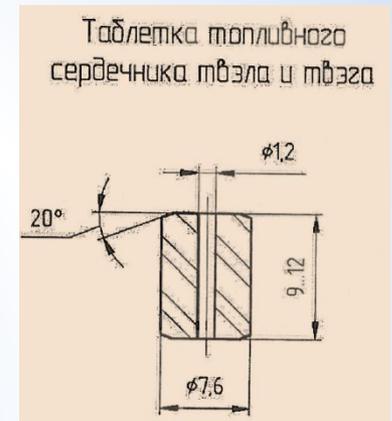
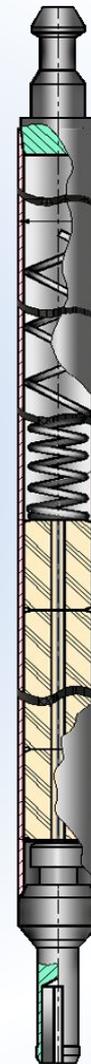
Пазы для протока теплоносителя нижней решетки выполнены треугольной формы со скругленными концами и расположены центрально – симметрично относительно отверстий для закреплений нижних хвостовиков ТВЭлов.



НАЗНАЧЕНИЕ ТВЭЛ

Тепловыделяющий элемент твэл предназначен:

- для генерирования тепловой энергии внутри
- для передачи тепла через оболочку теплоносителю
- для накопления материалов деления и вторичного ядерного топлива



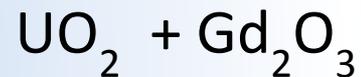
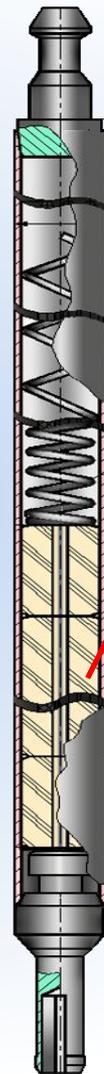
UO₂

Обогащение по ²³⁵U до 5%

НАЗНАЧЕНИЕ ТВЭГ

Тепловыделяющий элемент с гадолинием (ТВЭГ) предназначен:

- для выравнивания поля энерговыделения по радиусу активной зоны
- для уменьшения коэффициента размножения в начале цикла выгорания топлива
- для обеспечения работы реактора в области отрицательных коэффициентов реактивности по температуре теплоносителя

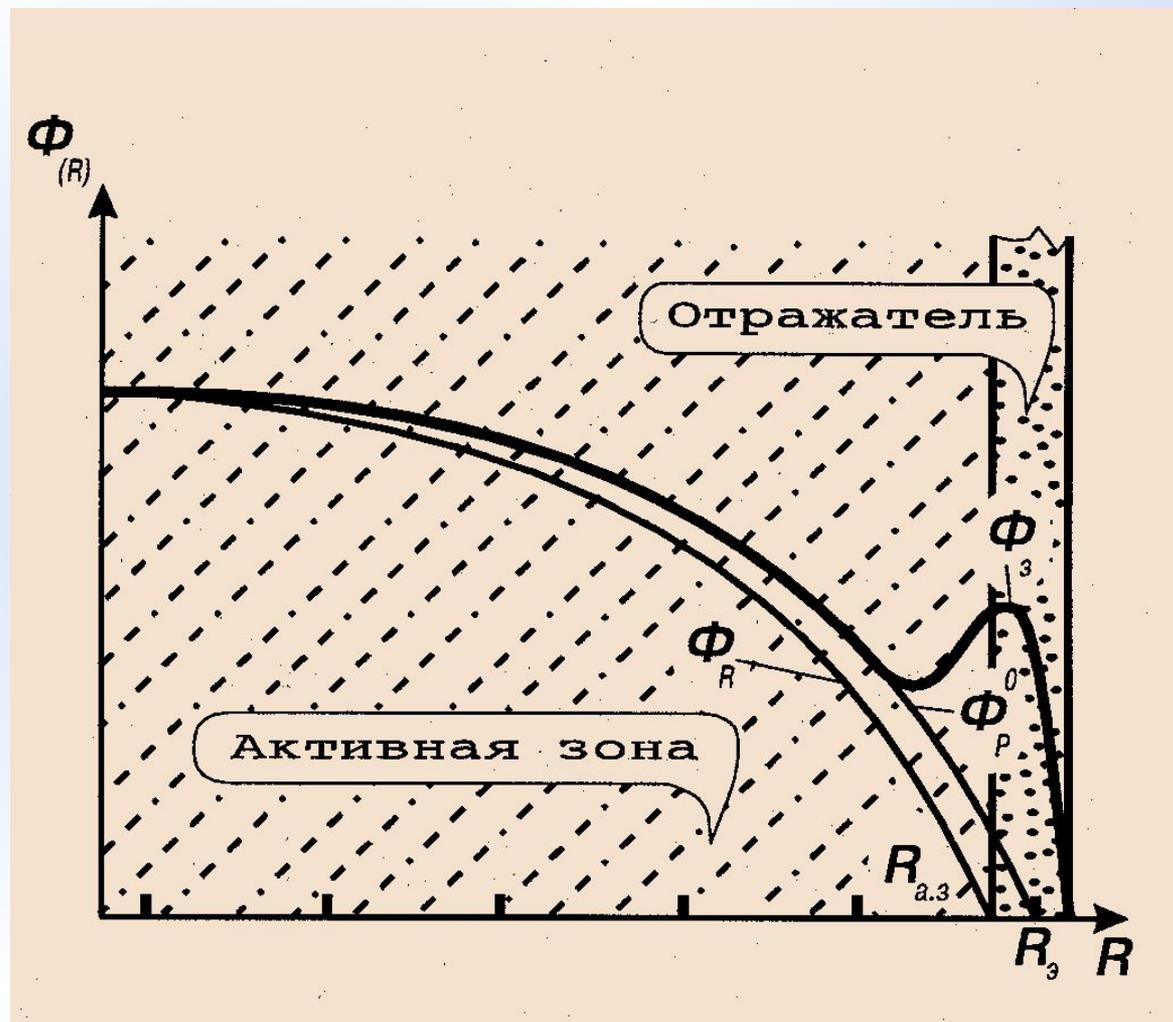


Массовая доля Gd_2O_3
5,0 или 8,0 %

НЕЙТРОННОЕ ПОЛЕ В РЕАКТОРЕ

Нейтронное поле в реакторе имеет неравномерность.

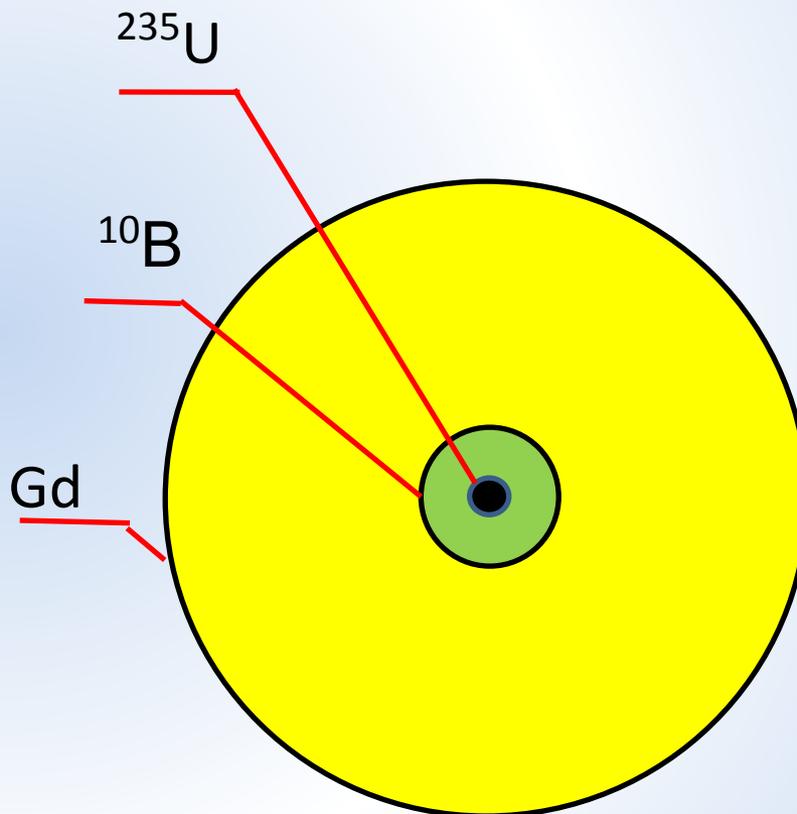
Применение ТВЭГ в ТВС позволяет уменьшить неравномерность энерговыделения



СРАВНЕНИЕ СЕЧЕНИЙ ПОГЛОЩЕНИЯ ^{235}U , ^{10}B И ПРИРОДНОГО Gd

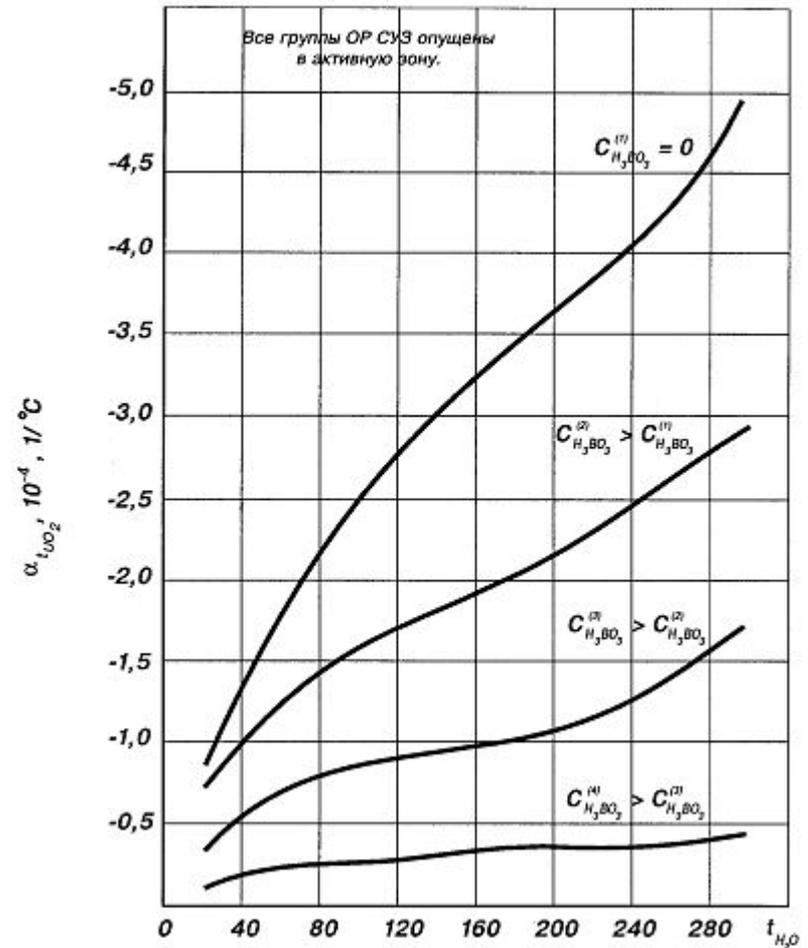
Введение выгорающего поглотителя уменьшает коэффициент размножения нейтронов в начале топливного цикла. Сечения поглощения нейтронов:

- природного гадолиния 49000 барн
- ^{10}B – 3837 барн
- ^{235}U – 575 барн



ЗАВИСИМОСТЬ ТЕМПЕРАТУРНОГО ЭФФЕКТА РЕАКТИВНОСТИ ОТ КОНЦЕНТРАЦИИ H_3BO_3

Уменьшением пусковой концентрации бора за счет применения гадолиния обеспечивается работа реактора в области отрицательных температурных коэффициентов реактивности



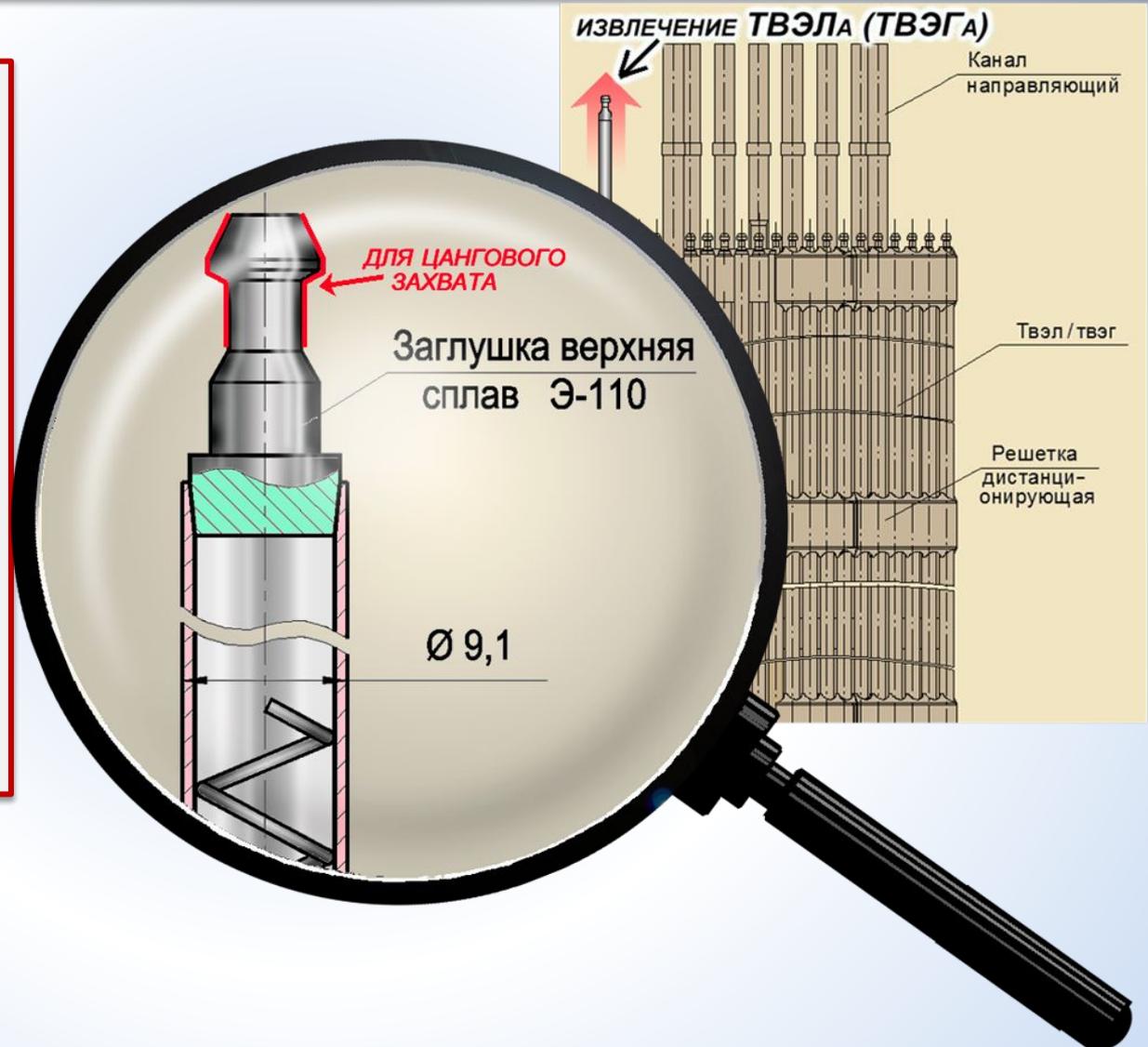
КОНСТРУКЦИЯ ТВЭЛ И ТВЭГ



КОНСТРУКЦИЯ ЗАГЛУШКИ ВЕРХНЕЙ ТВЭЛ И ТВЭГ

Конструкция заглушки верхней предусматривает зацепление ее цанговым захватом устройства для установки – извлечения ТВЭЛов (ТВЭГов)

Материал заглушки – сплав Э-110



ТОПЛИВНАЯ ТАБЛЕТКА

Осевое отверстие в центре сердечника предназначено:

- для снижения температуры в центре таблетки и исключения возможности ее расплавления
- для компенсации температурных изменений объема топлива
- для создания дополнительного компенсационного объема для сбора газообразных продуктов деления

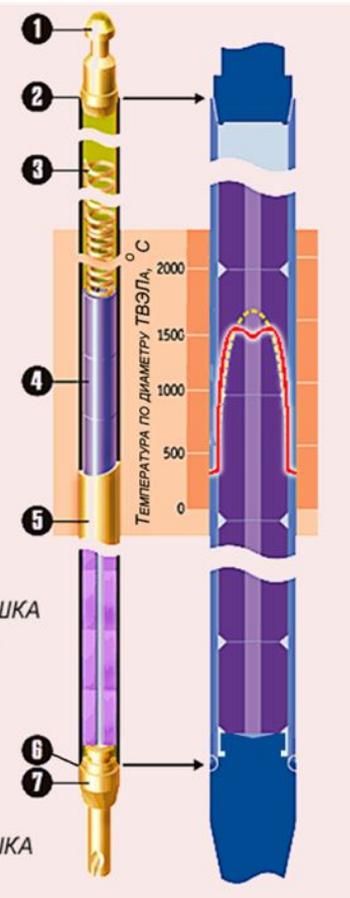
Между сердечником и оболочкой предусмотрен зазор. Этот зазор предназначен:

- для компенсации распухания и температурной деформации сердечника
- для создания дополнительного компенсационного объема для сбора газообразных продуктов деления

T оболочки ТВЭЛ не более 355°C

Максимальная температура топлива в твэле (твэге) - 1587 (1491) $^{\circ}\text{C}$.

Максимальное удлинение твэлов - $47,7$ мм, твэгов $36,5$ мм

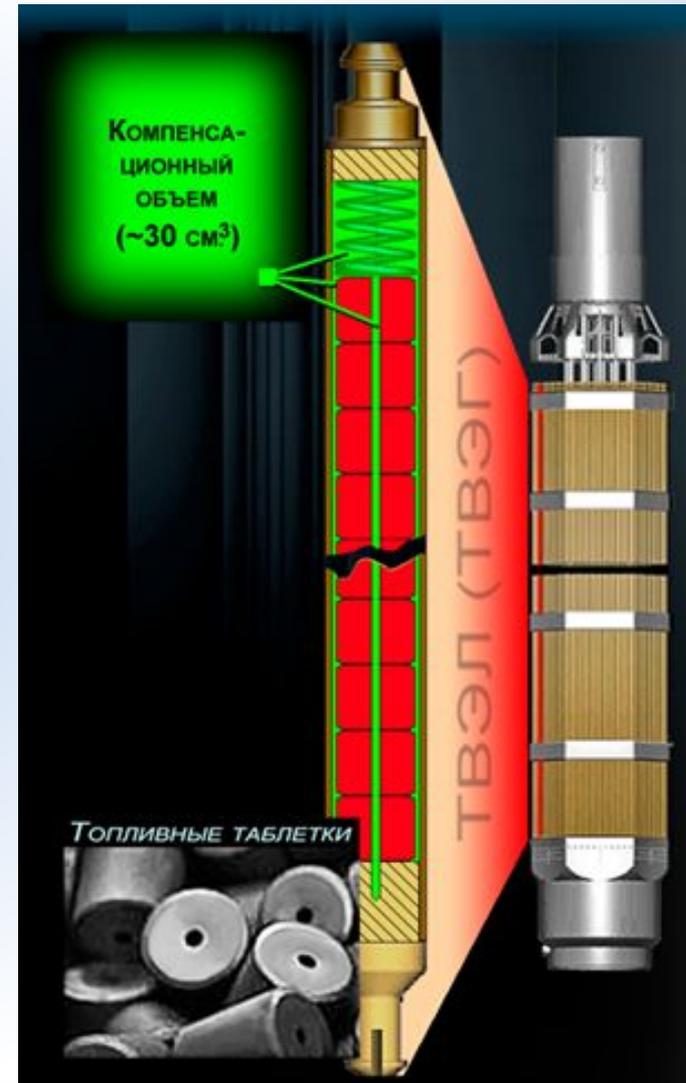


КОМПЕНСАЦИОННЫЙ ОБЪЕМ ТВЭЛА (ТВЭГА)

Компенсационный объем ($\sim 30 \text{ см}^3$) для сбора газообразных продуктов деления состоит из:

- свободного объема в верхней части твэла (твэга)
- объема создаваемого за счет осевого отверстия внутри топливных таблеток
- объема между топливным сердечником и оболочкой

В целях улучшения теплопередачи между топливным сердечником и оболочкой, а также для предотвращения смятия оболочки компенсационный объем заполняется гелием под давлением 2,1 МПа



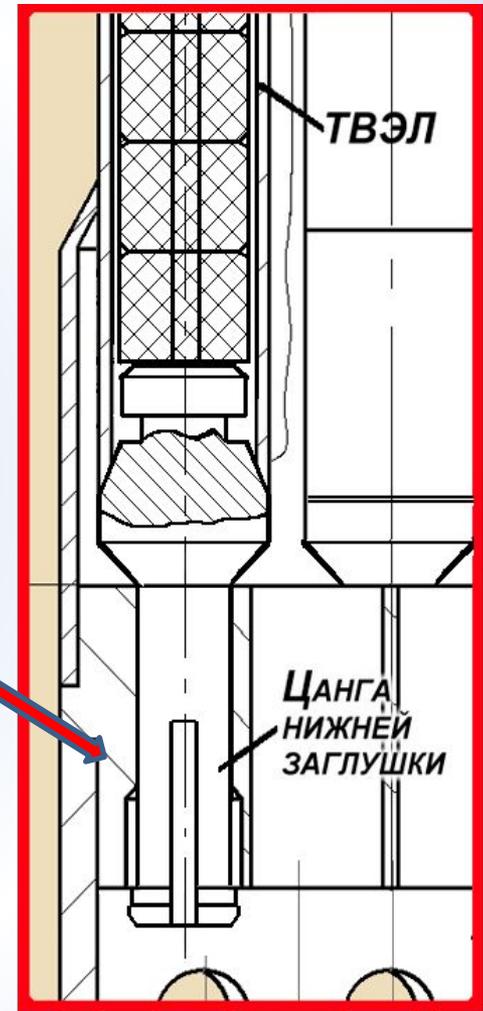
НИЖНЯЯ ЗАГЛУШКА ТВЭЛА (ТВЭГА)

Нижняя заглушка твэла (твэга) имеет наконечник в виде цанги.

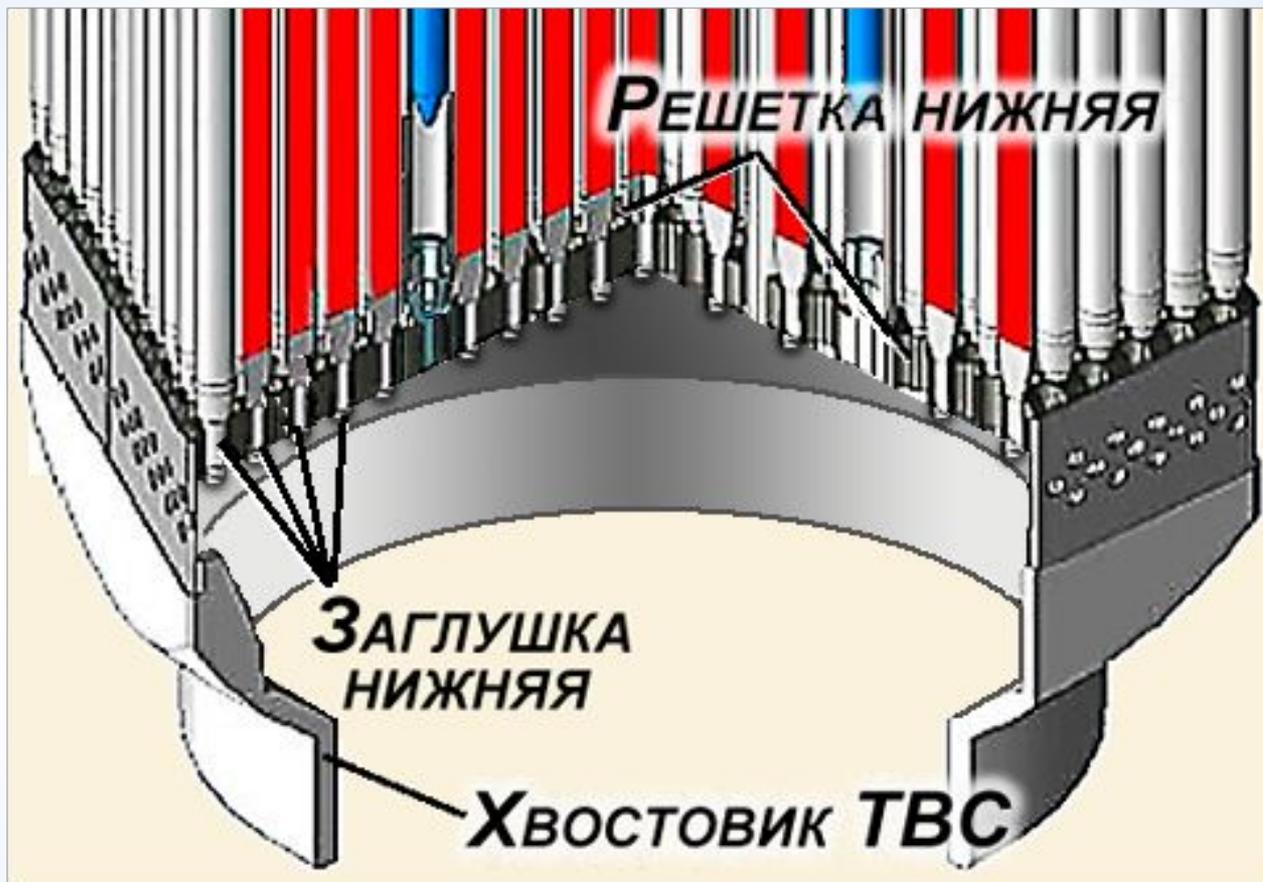
Материал заглушки- сплав Э-110

Съемная головка и крепление твэлов (твэгов) в нижней решетке позволяющее извлекать негерметичные твэлы обеспечивает ремонтпригодность ТВС в условиях АЭС с использованием стенда инспекции и ремонта

Решетка
нижняя



НАЗНАЧЕНИЕ ХВОСТОВИКА ТВС



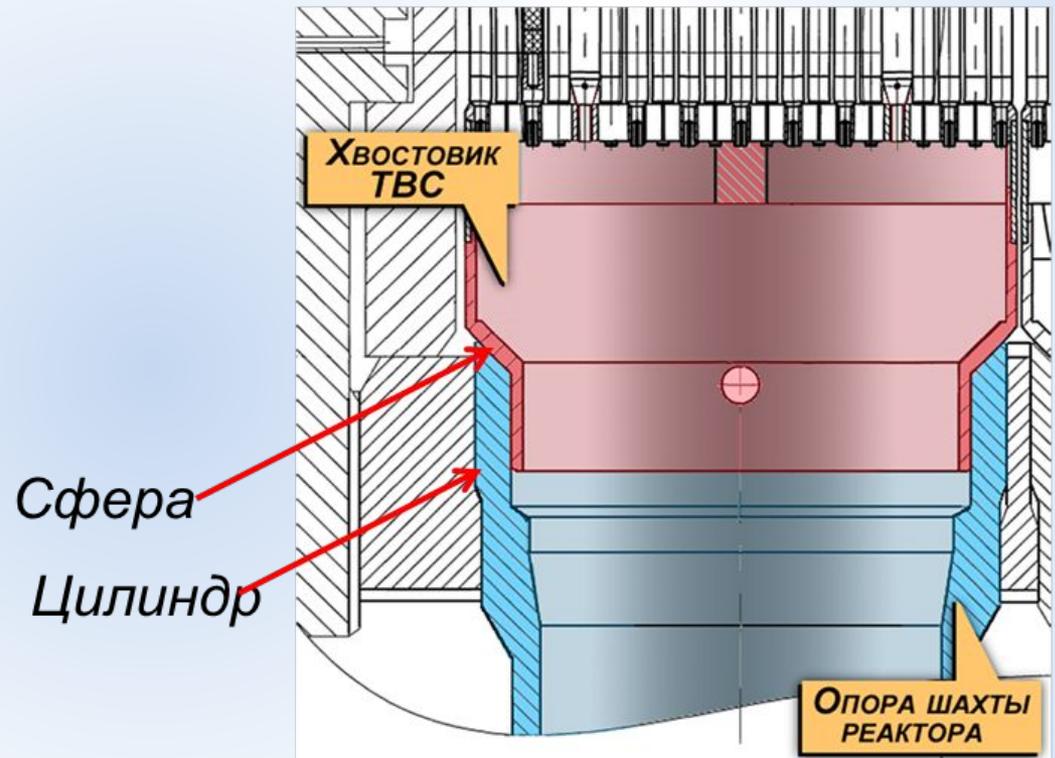
Хвостовик обеспечивает сопряжение ТВС со стояком шахты реактора и является направляющим устройством для подачи теплоносителя в ТВС

УСТАНОВКА ХВОСТОВИКА ТВС В ШАХТУ РЕАКТОРА

ТВС устанавливается в гнездо стояка шахты реактора и опирается сферической частью корпуса хвостовика на коническую часть гнезда. При этом фиксатор корпуса хвостовика взаимодействует с пазом гнезда, ориентируя ТВС в плане, а цилиндрическая поверхность - с цилиндром гнезда, удерживая ТВС в вертикальном положении

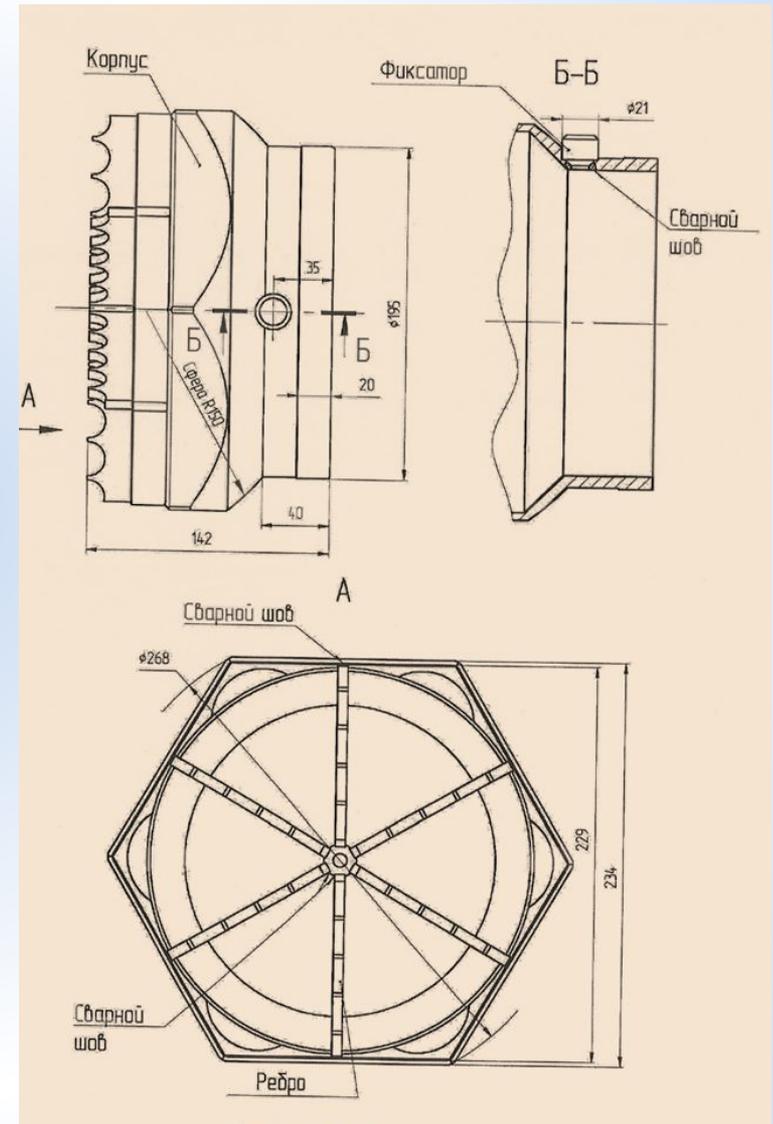
Хвостовик может быть исполнен в двух вариантах:

- сварным
- литым

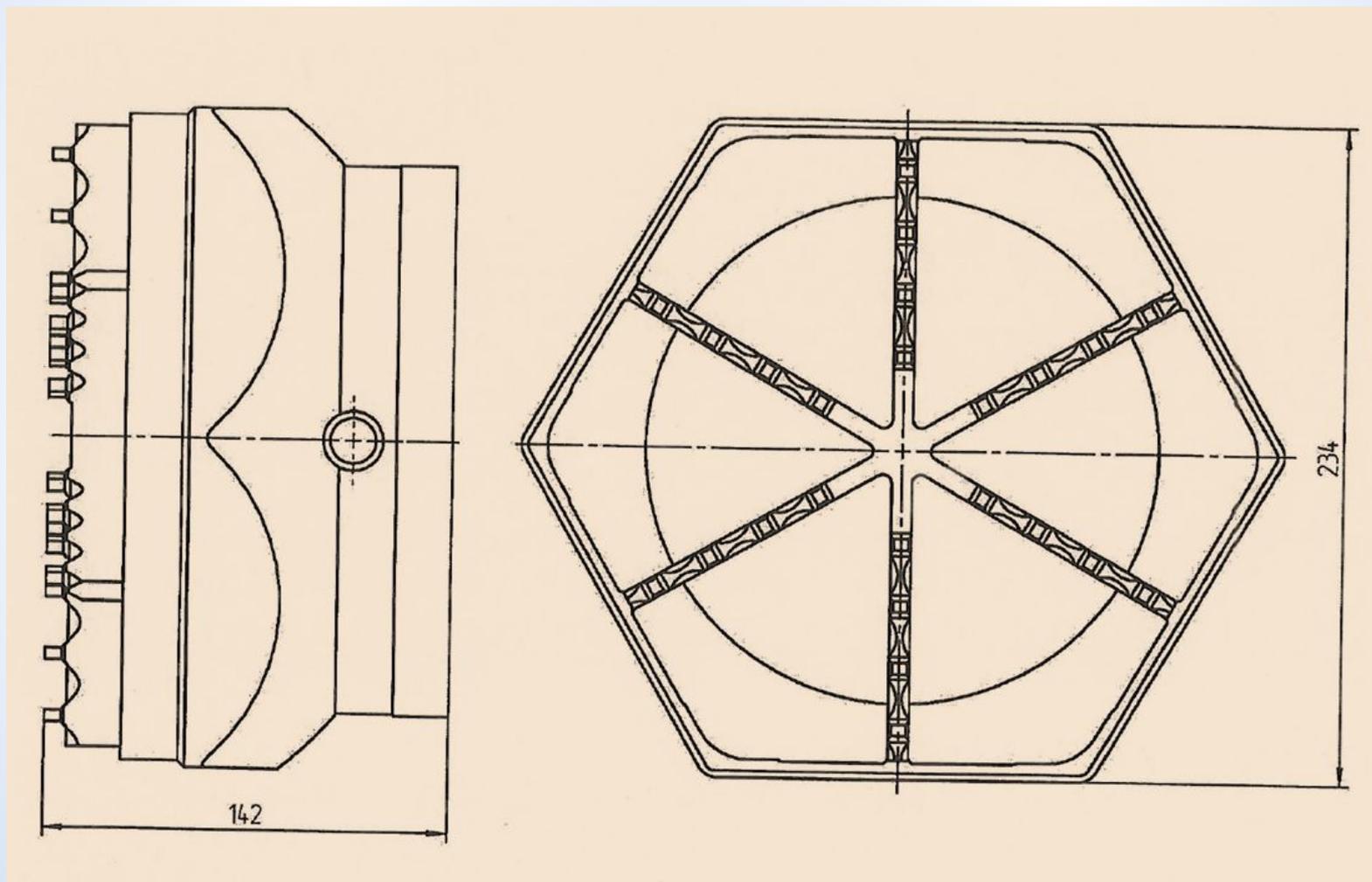


ХВОСТОВИК СВАРНОЙ

Хвостовик представляет собой сварную конструкцию из корпуса, ребер и фиксатора



ХВОСТОВИК (ВАРИАНТ С КОРПУСОМ ИЗ ОТЛИВКИ С РЕБЕРНОЙ СИСТЕМОЙ)



ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТВЭЛА И ТВЭГА

Наименование параметра	Значение
<p>Твэл и твэг:</p> <ul style="list-style-type: none"> - шаг между твэлами (твэгами) , мм - наружный диаметр твэла (твэга), мм, номинальный - внутренний диаметр оболочки твэла (твэга), мм, номинальный - материал оболочки и заглушек твэла (гвэга) - высота столба топлива в холодном состоянии, мм, номинальная 	<p>12,75</p> <p>9,1</p> <p>7,73</p> <p>сплав Э-</p> <p>110</p> <p>3730</p>
<p>Таблетка:</p> <ul style="list-style-type: none"> - наружный диаметр таблетки топлива, мм, номинальный - диаметр центрального отверстия таблетки топлива, мм, номинальный - высота таблетки топлива, мм, номинальный 	<p>7,6</p> <p>1,2</p> <p>9-12</p>

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТВЭЛА И ТВЭГА

Наименование параметра	Значение
Топливо в твэгах	Спеченная смесь диоксида урана и оксида гадолиния ($UO_2+Gd_2O_3$)
Среднее обогащение топлива ТВС по U235 для первой загрузки, % масс.	1,30; 2,40; 3,27; 4,00; 4,37
Среднее обогащение топлива ТВС по U235 для стационарной топливной загрузки, % масс.	3,97; 4,95; 4,90; 4,92
Массовая доля Gd_2O_3 в топливе твэгов, %	5,0; 8,0

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТВС

Наименование параметра	Значение
Форма ТВС	Шестигранная призма
Размер ТВС "под ключ", мм, максимальный	235,1
Высота ТВС, мм, номинальная	4570
Масса ТВС без СУЗ, кг	~750
Максимально допустимая мощность ТВС, МВт	31,0
Максимально допустимая глубина выгорания ТВС, МВт·сут/кгU	60,0
Расход теплоносителя на входе в ТВС за вычетом протечек, не участвующих в охлаждении твэлов (при работе четырех ГЦНА), м ³ /ч,	511,8
Суммарное количество твэлов и твэгов в ТВС, шт.	312
Масса топлива в ТВС, кг, номинальная	534
Топливо в твэлах	Диоксид урана (UO ₂)

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТВС

Наименование параметра	Значение
Канал направляющий: - количество, шт. - материал - наружный диаметр, мм, номинальный - внутренний диаметр, мм, номинальный	18 сплав Э-635 12,9 11,0
Решетка дистанционирующая: - количество, шт.: - материал - высота ячейки, мм, номинальная - толщина ячейки, мм, номинальная - высота обода, мм, номинальная - масса, кг, номинальная	13 сплав Э-110 30 0,3 40 0,9
Инструментальный канал: - количество, шт. - материал - наружный диаметр, мм, номинальный - внутренний диаметр, мм, номинальный	1 сплав Э-635 12,9 11,0

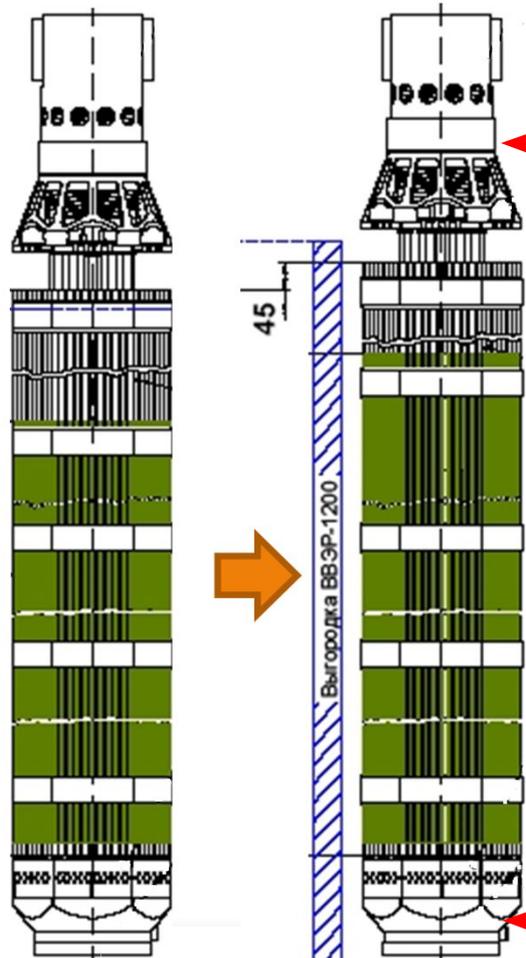
ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТВС

Наименование параметра	Значение
Решетка нижняя: - количество, шт. - материал	1 сталь 12Х18Н10Т
Хвостовик: - количество, шт. - материал	1 сталь 12Х18Н10Т
Головка: - количество, шт. - материал	1 сталь 12Х18Н10Т
Пружинный блок: - количество пружин, шт., общее - материал - рабочее усилие поджатия (\varnothing проволоки 5,1 мм), кН, номинальное: 1) при температуре 20 °С 2) при температуре 340 °С	19 сплав ХН77ТЮР 12,23 7,64

РЕФЕРЕНТНОСТЬ ТВС-1200

ТВС – 2М

ТВС ВВЭР-1200



Укороченная головка ТВС

- Увеличена длина ТВЭЛ на 50 мм
- Увеличена высота топливного столба на 50 мм
- Объем газосборника ТВЭЛ не изменился
- Укорочена головка на 45 мм
- Укорочен хвостовик на 5 мм

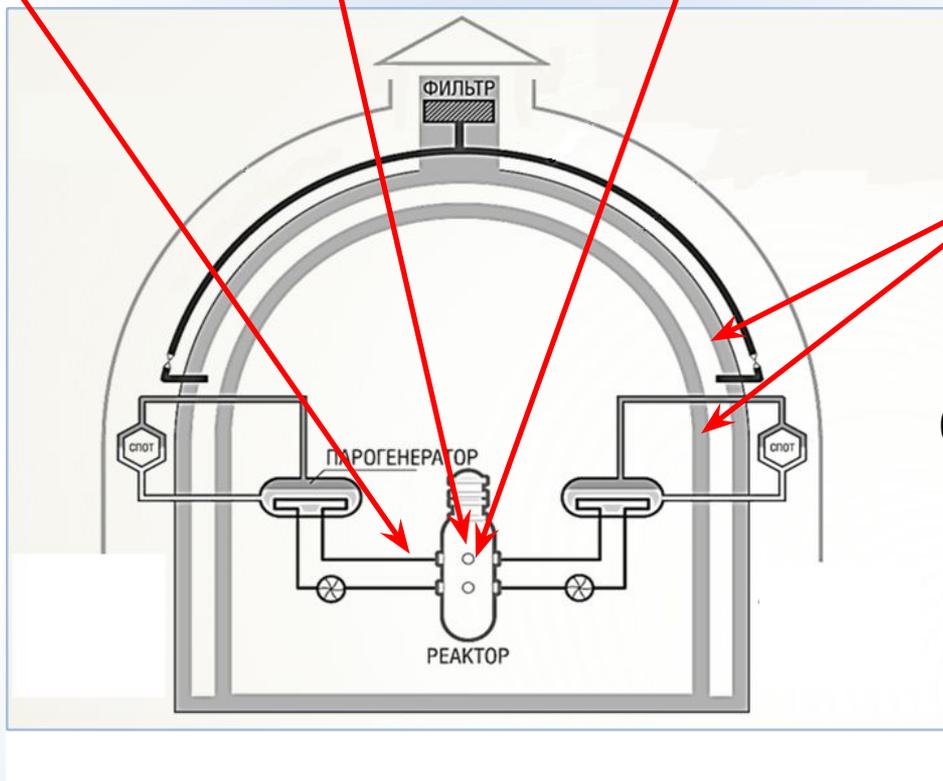
Укороченный хвостовик ТВС

ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА ФИЗИЧЕСКИХ БАРЬЕРОВ

3 барьер
границы 1
контура

1 барьер
топливная
матрица

2 барьер
оболочка ТВЭЛ



4 барьер
защитная
оболочка

5 барьер
биологическая
защита

ПРЕДЕЛЫ ПОВРЕЖДЕНИЯ ТВЭЛ И ТВЭГ

Эксплуатационный предел повреждения твэлов:

- дефекты типа газовой неплотности - не более 0,2% от числа твэлов в активной зоне
- прямой контакт ядерного топлива с теплоносителем - не более 0,02% от числа ТВЭЛов в активной зоне

Эксплуатационный предел соответствует активности радионуклидов йода 131-135 $3,7 \cdot 10^7$ Бк/кг

Предел безопасной эксплуатации повреждения твэлов:

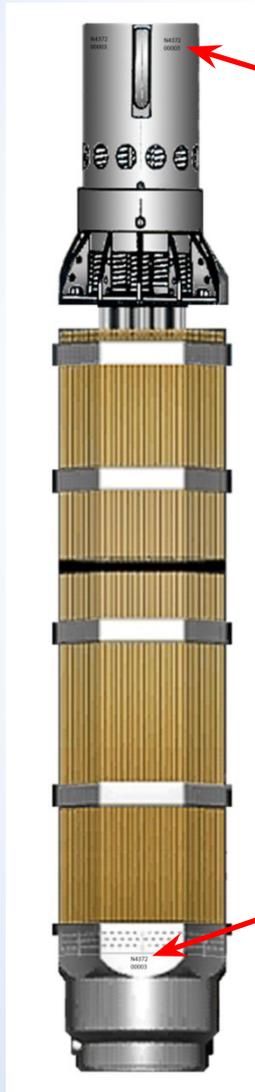
- дефекты типа газовой неплотности - не более 1% от числа твэлов в активной зоне
- прямой контакт ядерного топлива с теплоносителем - не более 0,1% от числа твэлов в активной зоне

Предел безопасной эксплуатации соответствует активности радионуклидов йода 131-135 $1,85 \cdot 10^8$ Бк/кг.

МАКСИМАЛЬНЫЙ ПРОЕКТНЫЙ ПРЕДЕЛ ПОВРЕЖДЕНИЯ ТОПЛИВА

Цель введения критерия	Формулировка критерия
Отсутствие возникновения самоподдерживающейся пароциркониевой реакции необходимо для обеспечения охлаждаемости активной зоны Ограничение охрупчивания оболочек необходимо для отсутствия фрагментации твэлов при заливе, для возможности выгрузки активной зоны	Максимальная температура оболочки - не более 1200 °С. Эквивалентная степень окисления оболочки - не более 18 % от ее первоначальной толщины
Ограничение выхода водорода обеспечивает недопустимость взрыва водорода	Доля прореагировавшего с паром циркония в активной зоне не более 1 % его массы в оболочках твэлов
Отсутствие взаимодействия расплавленного топлива с оболочкой необходимо для сохранения охлаждаемой геометрии активной зоны и возможности ее выгрузки	Температура топлива ниже температуры плавления. Для диоксида урана: $T_{пл} = 2840 - 0,56 \cdot B$, °С, где B - выгорание, МВт·сут/кгU. Добавка Gd ₂ O ₃ снижает температуру солидуса. При содержании Gd ₂ O ₃ 5 % она составляет ~ 2405 °С
Отсутствие фрагментации твэлов в условиях быстрого выделения энергии в аварии с возрастанием реактивности необходимо для сохранения охлаждаемой геометрии активной зоны и возможности ее выгрузки	Усредненная по сечению топливной таблетки энтальпия не более предельной величины. Экспериментально обоснованная предельная величина энтальпии топлива: - для выгораний до 50 МВт·сут/кгU – 963 Дж/кг; - для выгораний выше 50 МВт·сут/кгU – 691 Дж/кг

МЕСТА НАНЕСЕНИЯ МАРКИРОВКИ ТВС-1200



В четырех местах
цилиндрической части головки
ТВС через 90°

В одном месте на грани
хвостовика

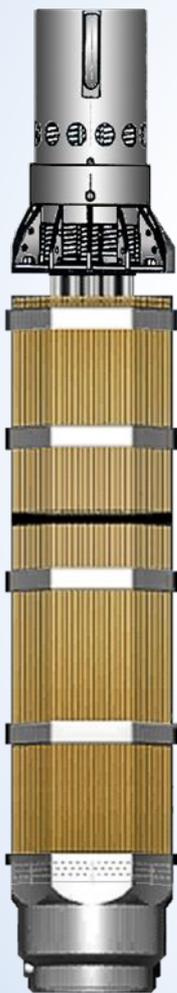
МАРКИРОВКА ТВС

Пример маркировки ТВС с характеристиками:

- средняя расчетная условная массовая доля урана-235 в топливе 4,37%
- 12 ТВЭГОВ
- регистрационный номер 00003



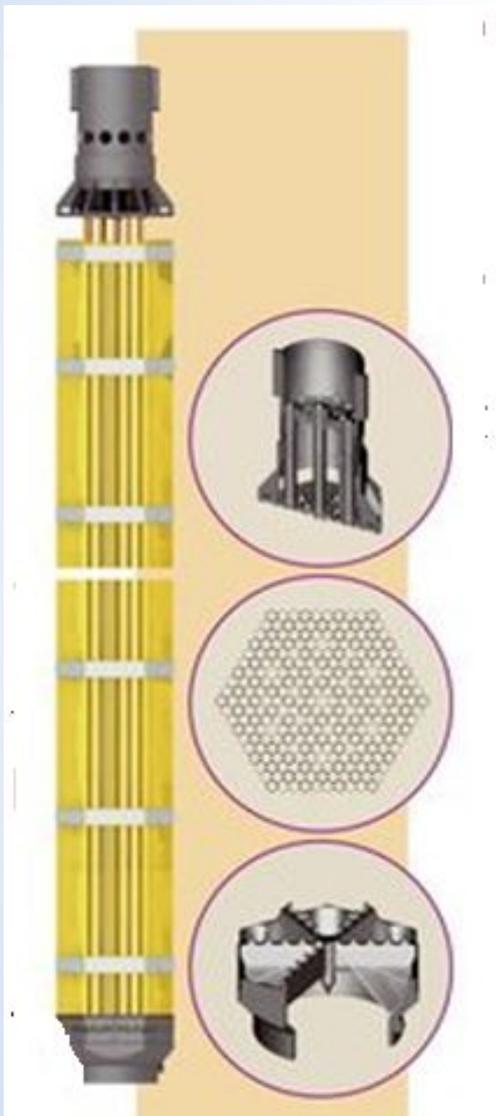
ТВС ВВЭР-1200. ОСНОВНЫЕ МОМЕНТЫ



ТВС имеет гексагональное(шестигранное) сечение
ТВС содержит:

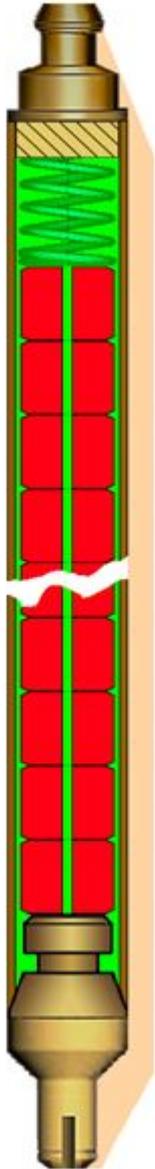
- 312 тепловыделяющих элемента, расположенных с фиксированным шагом 12,75 мм;
- концевые детали (хвостовик, головку), предназначенные для закрепления ТВС внутри реактора и обеспечения выполнения транспортно-технологических операций
- 18 направляющих каналов для движения ПС СУЗ
- Один измерительный канал для датчиков СВРД

ТВС ВВЭР-1200. ОСНОВНЫЕ МОМЕНТЫ



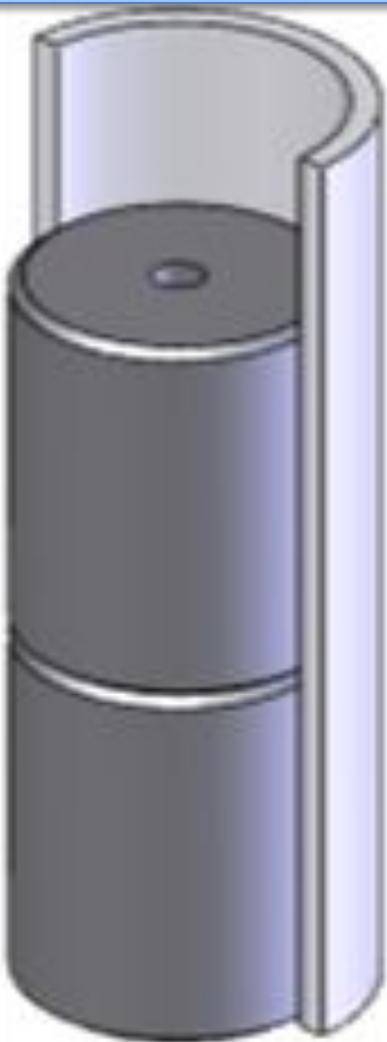
- Жесткий радиационноустойчивый каркас, изготовленный из циркониевого сплава Э635 обеспечивает стабильность геометрических характеристик ТВС в течение всего срока эксплуатации внутри реактора (4-5 лет)
- Быстросъемная головка, конструкция концевых элементов ТВЭЛ, а также наличие в центральном зале стэнда инспекции и ремонта обеспечивают возможность ремонта ТВС непосредственно на АС
- Увеличена высота топливного столба

ТВЭЛ. ОСНОВНЫЕ МОМЕНТЫ



- Каждая ТВС содержит 312 твэлов
- ТВЭЛы омываются теплоносителем, который обеспечивает необходимый теплосъем с поверхности ТВЭЛов. Тепловая мощность ТВЭЛ = 63 кВт
- Для сбора газообразных продуктов деления в верхней части ТВЭЛа предусмотрен газосборник
- Для предотвращения смятия оболочки в процессе эксплуатации ТВС и улучшения теплопередачи от топлива к оболочке внутренний объем ТВЭЛа заполнен гелием под давлением 2,1 МПа

ТОПЛИВНАЯ ТАБЛЕТКА. ОСНОВНЫЕ МОМЕНТЫ



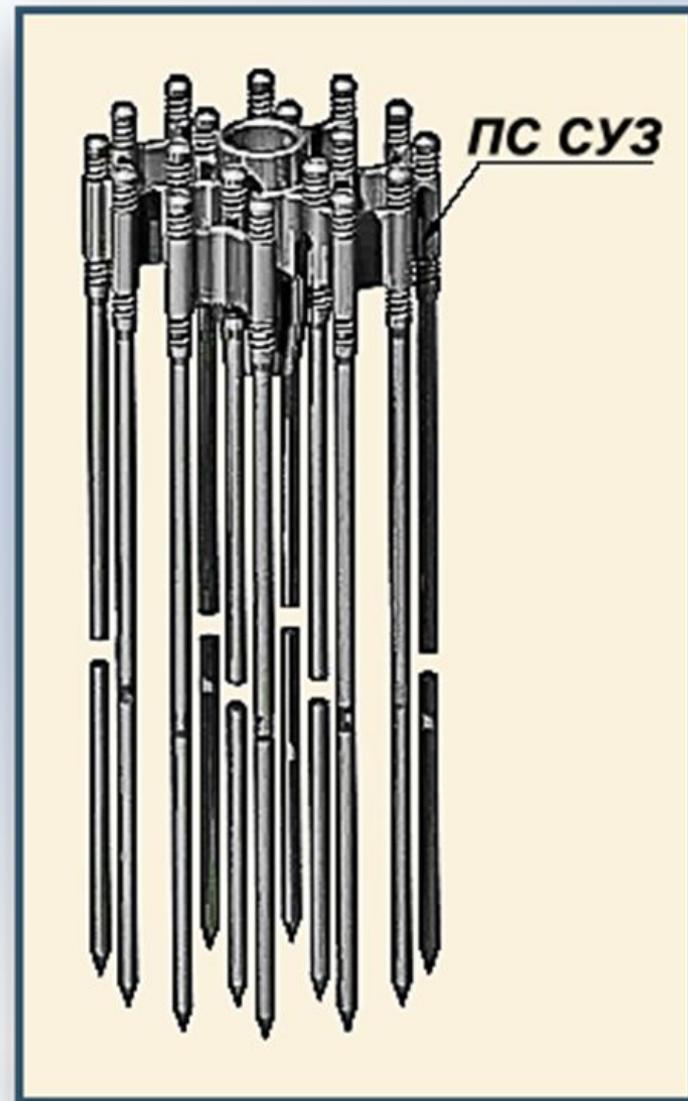
- Под оболочкой ТВЭЛов находится керамическое ядерное топливо – в каждом ТВЭЛе более 200 таблеток диоксида урана
- Стандартные обогащения по изотопу урана-235: 1,6 - 2,0 - 2,4 - 3,0 - 3,6 - 4,0 - 4,4 - 4,95%
- УГТ – уран-гадолиниевое топливо – топливо с интегрированным выгорающим поглотителем
- В перспективе – урано-эрбиевое топливо

ПС СУЗ. НАЗНАЧЕНИЕ И КЛАССИФИКАЦИЯ

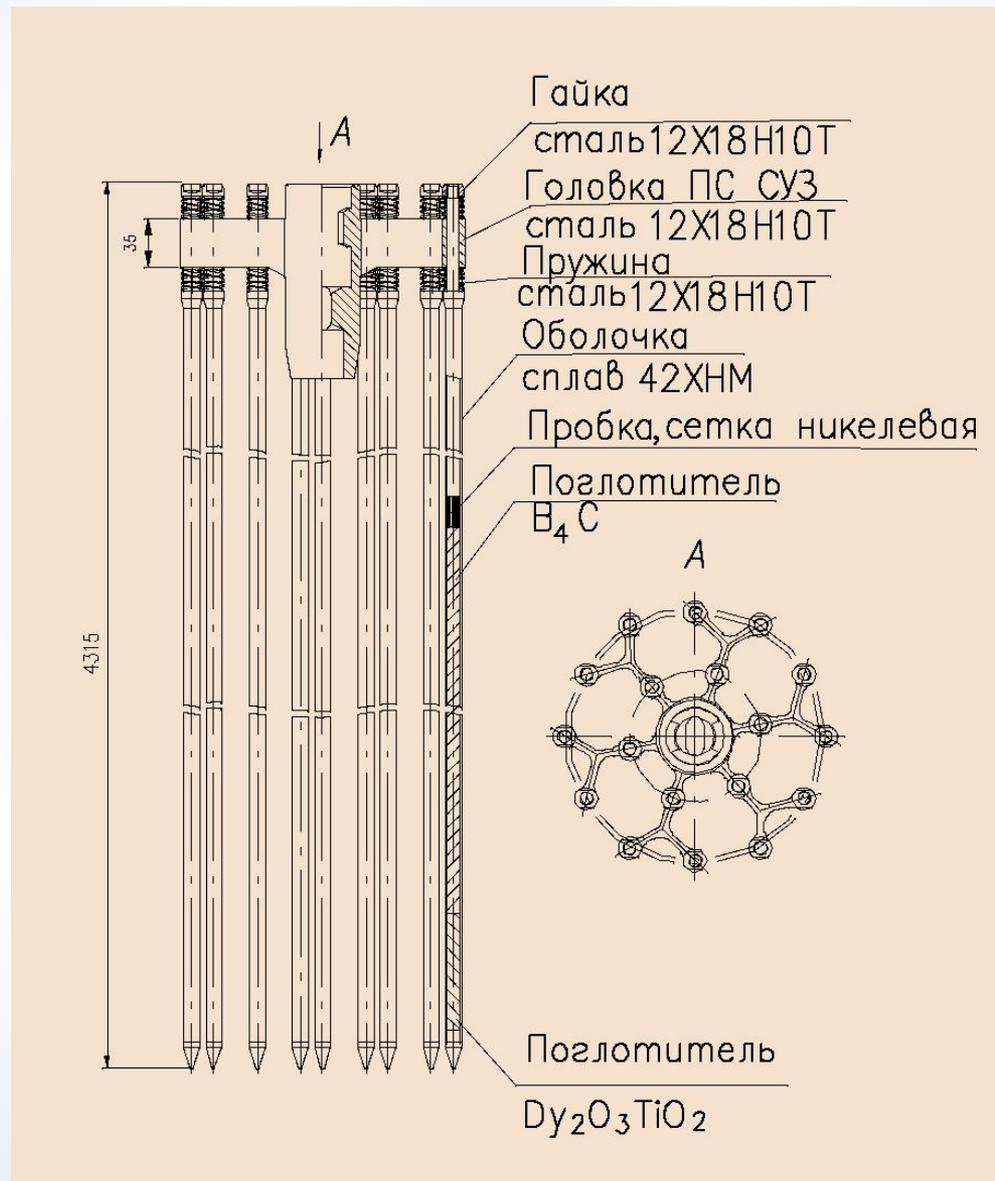
ПС СУЗ предназначены для:

- быстрого прекращения ядерной реакции в активной зоне
- поддержания мощности на заданном уровне и ее перевода с одного уровня на другой
- выравнивания поля энерговыделения по высоте активной зоны
- предупреждения и подавления ксеноновых колебаний

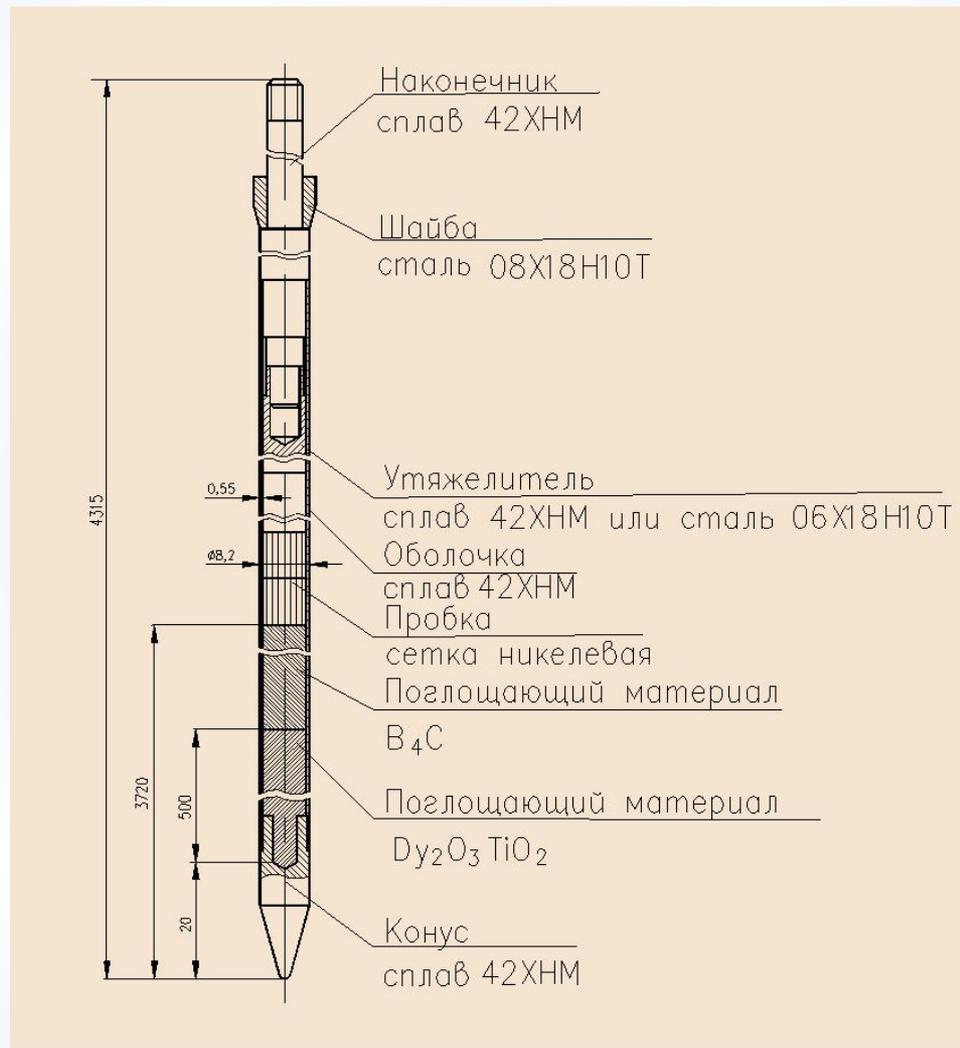
ПС СУЗ относится к элементам нормальной эксплуатации, защитным и управляющим, важным для безопасности, класс 2, классификационное обозначение 2НЗУ



КОНСТРУКЦИЯ ПС СУЗ



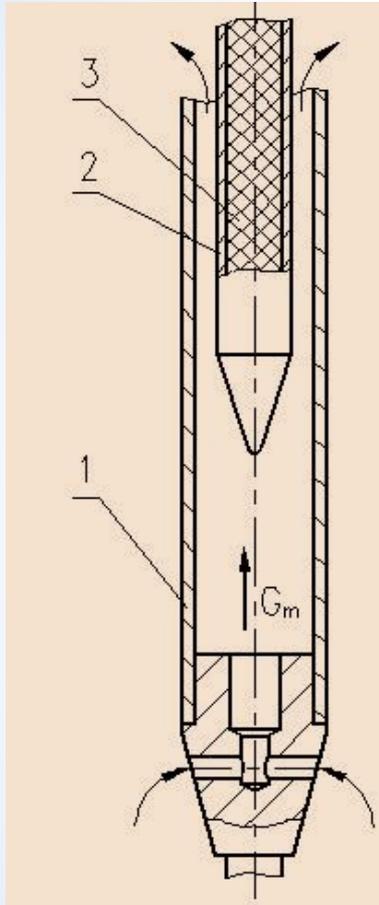
КОНСТРУКЦИЯ ПЭЛ



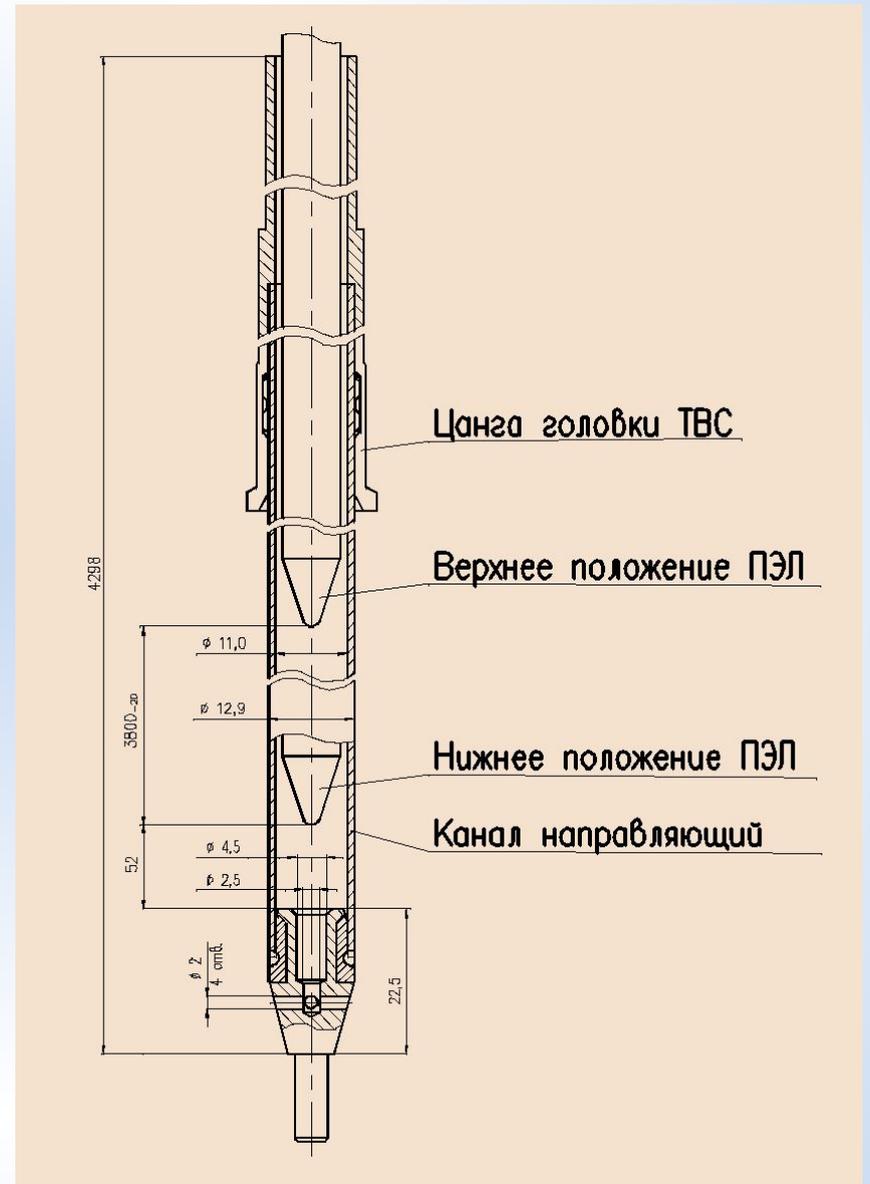
2 исполнения ПЭЛ:

1 – с порошковым поглотителем; 2 – с таблеточным поглотителем

ПЭЛ В НАПРАВЛЯЮЩЕМ КАНАЛЕ ТВС



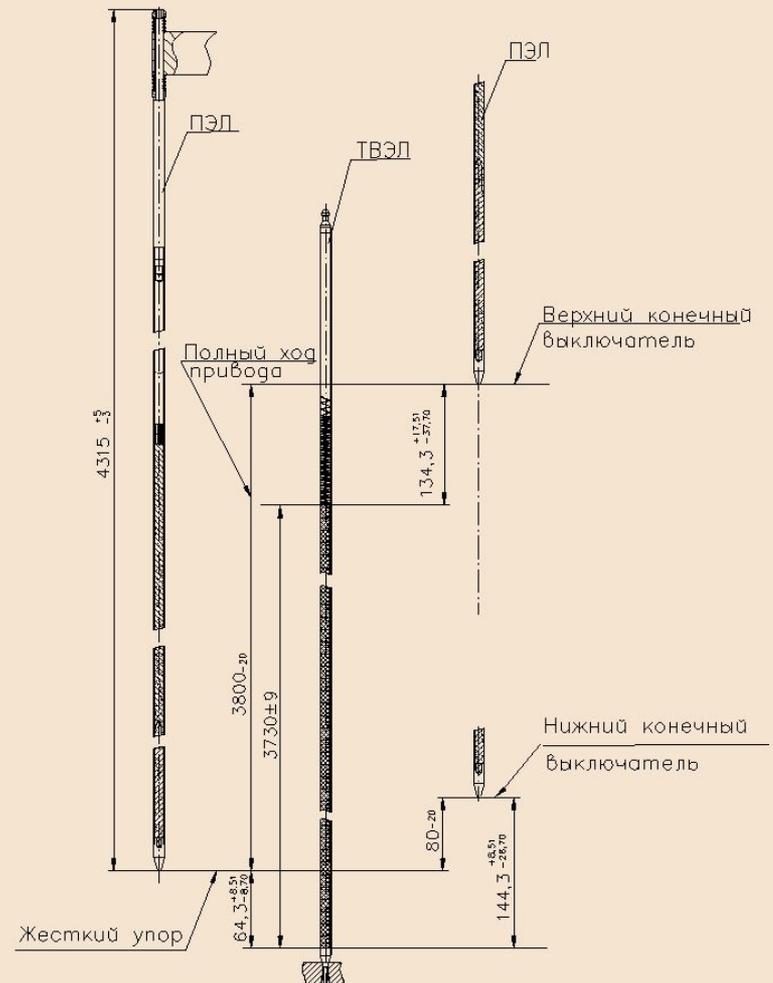
- 1 - направляющий канал;
- 2 - оболочка ПЭЛ;
- 3 - поглощающий материал



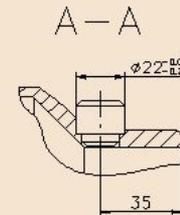
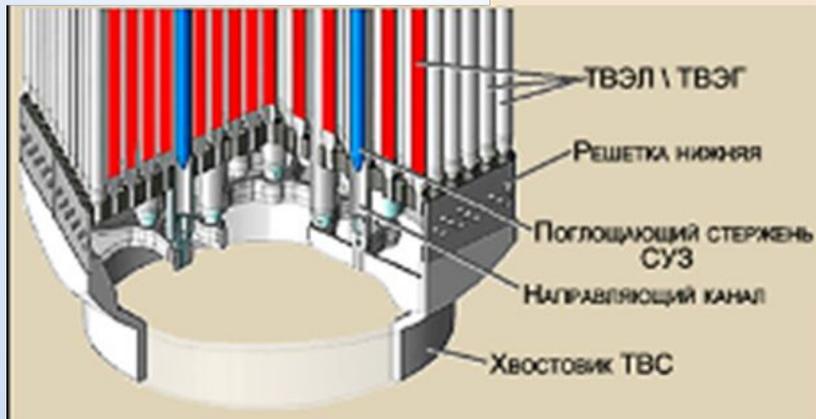
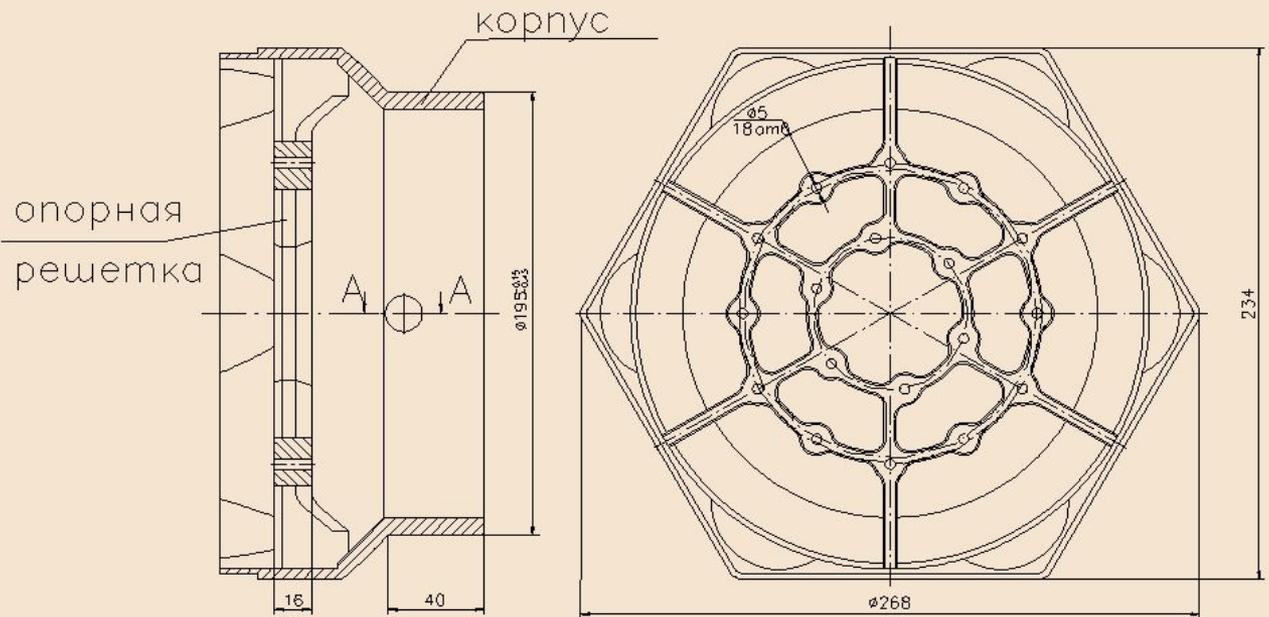
ВЗАИМНОЕ РАСПОЛОЖЕНИЕ ПЭЛА И ТОПЛИВНОГО СТОЛБА В АКТИВНОЙ ЗОНЕ

На жестком упоре
недоход до низа активной
зоны 64 мм

На НКВ - недоход до
низа активной зоны 144 мм



ХВОСТОВИК ТВС С ПОЛНЫМ ПЕРЕКРЫТИЕМ ТОПЛИВА ПЭЛ



ПС СУЗ. ХАРАКТЕРИСТИКИ

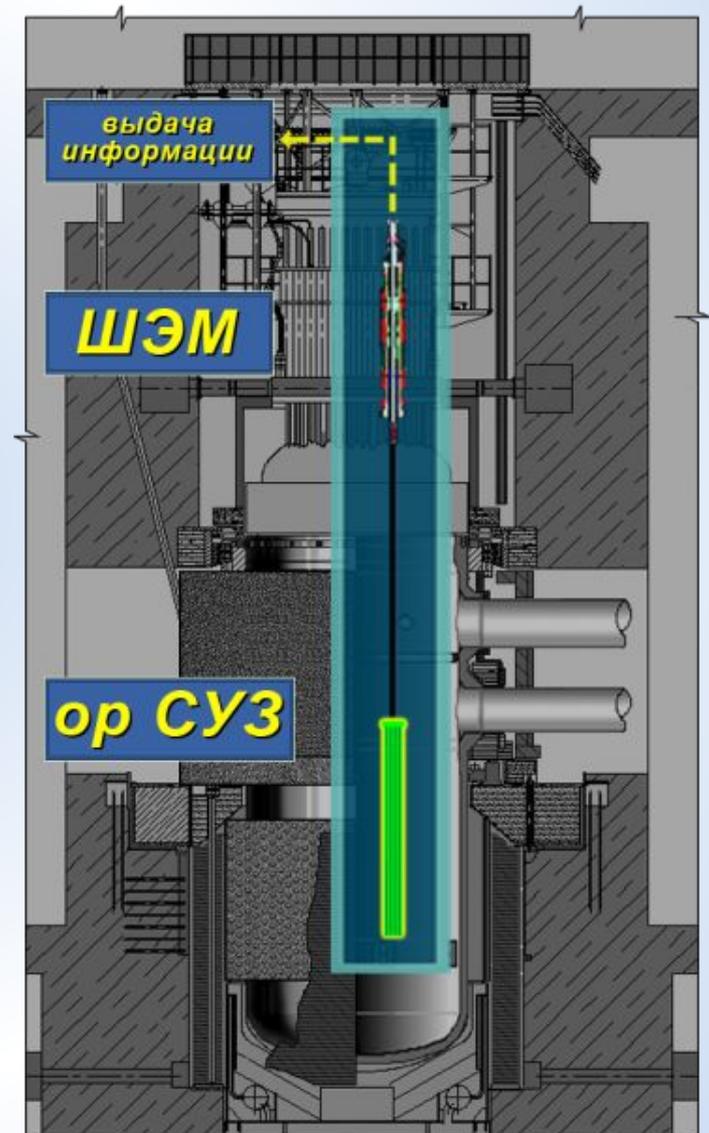
Наименование параметра	Значение
Количество ПЭЛ в ПС СУЗ, шт.	18
Высота ПС СУЗ, мм, номинальная	4315
Наружный диаметр оболочки ПЭЛ, мм, номинальный	8,2
Толщина оболочки ПЭЛ, мм, номинальная	0,55
Материал оболочки ПЭЛ	42ХНМ
Поглощающий материал ПЭЛ	$B_4C + (Dy_2O_3 \cdot TiO_2)$
Высота столба поглощающего материала, мм, номинальная: - титанат диспрозия; - общая (с учетом конуса)	500 3720
Масса ПС СУЗ, кг	$18,5 \pm 0,5$
Наружный диаметр таблетки ПЭЛ, мм, номинальный	7,0
Высота таблетки, мм	от 7 до 18
Назначенный срок службы ПС СУЗ, лет	10 лет, из них в группе АР не более 3 лет
Назначенный ресурс ПС СУЗ, эфф. ч	82000, из них в группе АР - 25500

НАЗНАЧЕНИЕ ПРИВОДА СУЗ

Привод СУЗ ШЭМ-3 (шаговый электромагнитный) вместе с рабочим органом системы управления и защиты, ПС СУЗ, является исполнительным механизмом СУЗ и предназначен для:

- перемещения ПС СУЗ и фиксации его в крайних и промежуточных положениях
- выдачи информации посредством датчика ДПШ (датчик положения шаговый) о положении ПС СУЗ

■ сброса ПС СУЗ в режиме АЗ или УПЗ
С помощью привода осуществляется пуск, регулирование мощности и остановка реактора путем введения в активную зону или выведения из нее ПС СУЗ, а также разгрузка реактора УПЗ или аварийная остановка реактора АЗ



ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРИВОДА СУЗ

НАИМЕНОВАНИЕ ПАРАМЕТРА	ЗНАЧЕНИЕ
1. Рабочий ход штанги с ПС СУЗ от НКВ до ВКВ, мм	3720
2. Скорость перемещения штанги, сцепленной с ПС СУЗ, в режиме регулирования, мм/с	20,0±1,5
3. Время аварийного сброса штанги, сцепленной с ПС СУЗ, с полной высоты рабочего хода по сигналу АЗ при обесточивании электромагнитов, с, в пределах	1,2-4,0
4. Шаг перемещения штанги, мм	20,0±0,1
5. Потребляемая мощность, кВт, не более: - в режиме перемещения - в режиме стоянки	1,0 0,2
6. Режим работы привода, %	ПВ≤50, допускается работа привода с ПВ=100
7. Интервал дискретного отсчета положения ПС СУЗ датчиком, мм	20

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРИВОДА СУЗ

НАИМЕНОВАНИЕ ПАРАМЕТРА	ЗНАЧЕНИЕ
8. Запас хода по штанге от срабатывания НКВ при ходе штанги вниз, мм	80 ₋₂₀
9. Коэффициент запаса по тяговому усилию по отношению к весу перемещаемых частей привода и ПС СУЗ, не менее	1,2
10. Показатели долговечности: а)средний срок службы до списания (полный),лет: 1)механической части 2)электрооборудования	40 30
б)средний ресурс до списания(полный), не менее: 1)двойных ходов на полную высоту рабочего хода 2)сбросов штанги с ПС СУЗ по сигналу АЗ с любой высоты	6000 500
11. Расход охлаждающего воздуха, м ³ /ч, не менее	250
12. Средняя наработка на отказ, ч, не менее	10000
13. Коэффициент готовности, не менее	0,99
14. Среднее время восстановления, ч, не более	50

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРИВОДА СУЗ

НАИМЕНОВАНИЕ ПАРАМЕТРА	ЗНАЧЕНИЕ
15. Допустимая температура охлаждающего воздуха на входе в привод, °С, не более	60
16. Допустимый перерыв в подаче охлаждающего воздуха, ч, не более	2
17. Расчетная масса привода, кг	445
18. Расчетная масса штанги, кг	16,7
19. Габаритные размеры привода, мм: - длина - диаметр опоры блока электромагнитов	10825 229

ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ НТД К КОНСТРУКЦИИ ПРИВОДА

1. Конструкция исполнительных механизмов должна обеспечивать соблюдение количественных значений следующих показателей:
 - рабочей скорости перемещения органа воздействия на реактивность;
 - времени введения органа воздействия на реактивность, выполняющего функцию аварийной защиты
 - времени задержки до начала движения органа воздействия на реактивность
 - погрешности измерения положения органа воздействия на реактивность
2. Конструкцией исполнительных механизмов должны обеспечиваться:
 - демпфирование подвижных частей исполнительного механизма и органа воздействия на реактивность при срабатывании АЗ
 - надежное сцепление и расцепление с ОР СУЗ
 - возможность контроля сцепления с ОР СУЗ на остановленном реакторе (визуально или с помощью специального приспособления)

ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ НТД К КОНСТРУКЦИИ ПРИВОДА

3. Конструкция исполнительных механизмов аварийной защиты должна обеспечивать:
- движение ОР СУЗ из любого положения по сигналу АЗ
 - начавшееся по сигналу аварийной защиты защитное действие должна быть завершено
 - возможность осмотра и проверки механизма на остановленном реакторе и контроля его технического состояния в процессе эксплуатации
4. Конструкцией исполнительных механизмов исключаются:
- самопроизвольное перемещение ОР СУЗ, приводящее к вводу положительной реактивности
 - самопроизвольное расцепление с ОР СУЗ при НЭ, ННЭ, авариях
 - заклинивание подвижных частей ИМ при НЭ, ННЭ, авариях

ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ НТД К КОНСТРУКЦИИ ПРИВОДА

- самопроизвольное перемещение (извлечение) органа воздействия на реактивность аварийной защиты после его ввода в активную зону по сигналу аварийной защиты (для исполнительных механизмов аварийной защиты)
5. В конструкции исполнительного механизма необходимо предусматривать:
- средства контроля выхода на упор органа воздействия на реактивность или соединительного устройства;
 - устройство для удаления газа из внутренней полости ИМ при эксплуатации (отказ от использования устройства для удаления газа должен быть обоснован в проекте реакторной установки)
 - возможность контроля срабатывания предохранительных устройств (для ИМ, имеющих такие устройства в кинематической цепи)

ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ НТД К КОНСТРУКЦИИ ПРИВОДА

6. Неисправность КВ и выход подвижных ИМ на упор органа воздействия на реактивность не должны приводить к повреждению ИМ
7. В конструкции исполнительных механизмов, работающих в среде первого контура, необходимо обеспечить:
 - сохранение герметичности первого контура при НЭ, ННЭ и авариях
9. Для упрощения проведения ремонта конструкция исполнительных механизмов строится по блочному (модульному) принципу, допускающему возможность замены блоков
10. Должны применяться материалы и комплектующие изделия, устойчивые к механическим, тепловым, физико-химическим и радиационным воздействиям
11. При разработке, изготовлении и эксплуатации исполнительных механизмов необходимо соблюдать требования ПОКАС

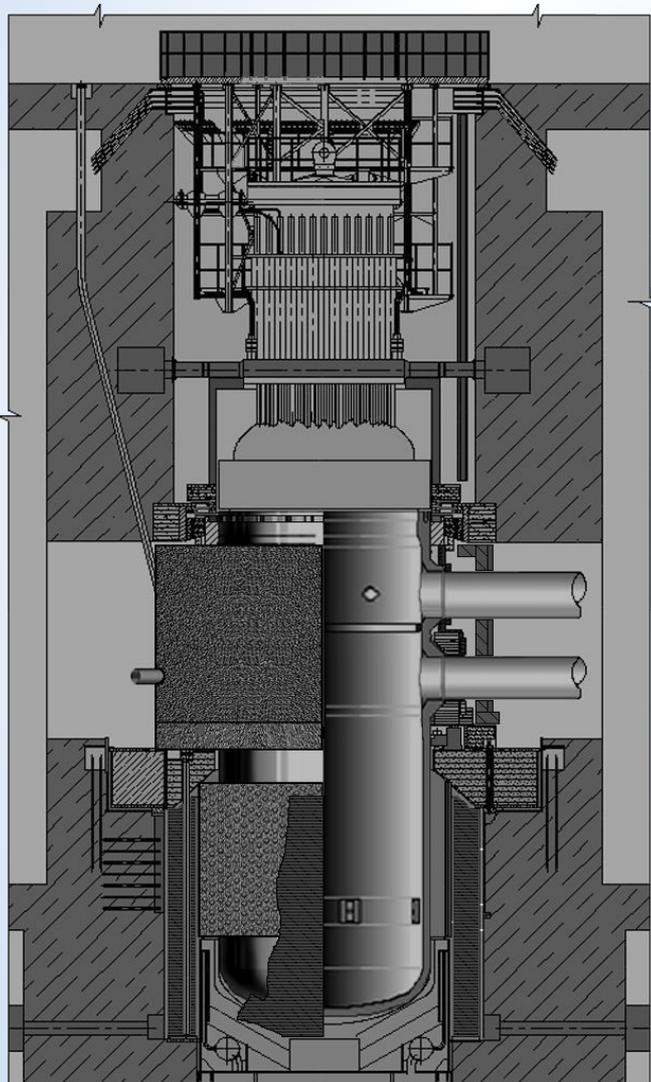
КОНСТРУКЦИЯ ИМ. ТРЕБОВАНИЯ К ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЮ

В конструкции электромеханических исполнительных механизмов необходимо предусматривать:

- применение электродвигателей достаточной мощности с запасом
- наличие УП, обеспечивающих контроль конечных и промежуточных положений, и КВ, срабатывающих непосредственно от органа воздействия на реактивность (при невозможности непосредственного контакта органа воздействия на реактивность с концевыми выключателями должна быть обоснована правильность функционирования исполнительного механизма)
- наличие предохранительного устройства, исключающего повреждение электродвигателя исполнительного механизма при заклинивании органа воздействия на реактивность или несрабатывании концевых выключателей
- исключение самопроизвольного движения ОР СУЗ, приводящего к вводу положительной реактивности в активную зону реактора при отказах

В технической документации на исполнительные механизмы необходимо указывать сопротивление изоляции обмоток электрооборудования исполнительного механизма во всех режимах эксплуатации

КЛАССИФИКАЦИЯ ПРИВОДА ШЭМ ПО ПРАВИЛАМ БЕЗОПАСНОСТИ



В соответствии с классификацией по ОПБ 88/97 привод имеет классификационное обозначение 2НЗУ

Привод является оборудованием, важным для безопасности. В соответствии с ОПБ-88/97 он относится к I категории сейсмостойкости. Привод сохраняет работоспособность при сейсмическом воздействии интенсивностью до ПЗ включительно и после его прохождения. Привод обеспечивает проектное время падения ПС СУЗ при срабатывании АЗ во время прохождения землетрясения интенсивностью от ПЗ до МРЗ включительно

Элементы привода, работающие под давлением воды первого контура, относятся к группе В

ПАРАМЕТРЫ СРЕДЫ ПОД ГЕРМОБОЛОЧКОЙ

Наименование параметра	при нормальных условиях эксплуатации	при нарушении отвода тепла из герметичной оболочки	при малой течи	при большой течи
Температура, °С, в пределах	от 15 до 60	от 30 до 75	до 90	до 150
Давление абсолютное, МПа	от 0,085 до 0,103	от 0,069 до 0,118	до 0,17	до 0,5
Относительная влажность, %	90	до 100	парогазовая смесь	
Объемная активность, не более, Бк/л	$7,4 \cdot 10^4$	$7,4 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^7$	$4 \cdot 10^9$
Мощность поглощенной дозы, Гр/ч	от 0 до 1,0	от 0 до 1,0	от 0 до 1,0	менее 1000
Время существования режима, ч,	-	до 15	до 5	до 24
Послеаварийная температура, °С	-	-	от 20 до 60	от 20 до 60

ПАРАМЕТРЫ СРЕДЫ ПОД ГЕРМОБОЛОЧКОЙ

Наименование параметра	при нормальных условиях эксплуатации	при нарушении отвода тепла из герметичной оболочки	при малой течи	при большой течи
Послеаварийное давление абсолютное, МПа	-	-	от 0,09 до 0,12	от 0,09 до 0,12
Время существования послеаварийных параметров, сутки, не более	-	-	30	30

Примечания

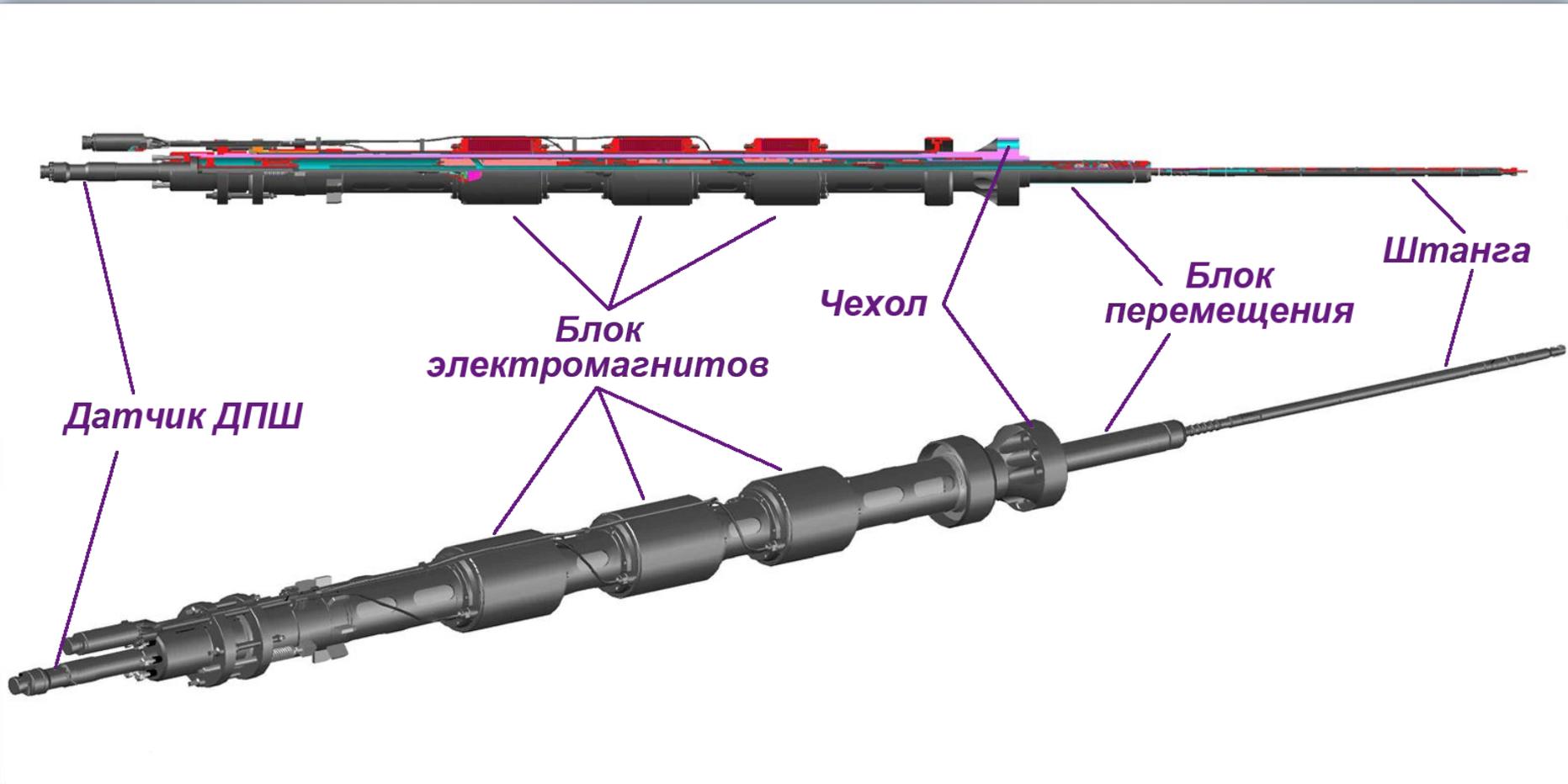
- В режимах «малой» и «большой» течи, в начальный период работы спринклерной системы элементы привода подвергаются интенсивному орошению раствором борной кислоты с концентрацией 16-20 г/дм³, подаваемой спринклерной системой из бассейна выдержки. В последующий период аварии оборудование орошается раствором борной кислоты, подаваемой спринклерной системой из приемков следующего расчетного качества:
 - концентрация борной кислоты, г/дм³, в пределах от 16 до 20;
 - концентрация ионов калия, г/дм³, в пределах от 1,0 до 1,5;
 - концентрация гидразина, г/дм³, не более 150.
 Температура раствора от 20 до 90 °С («малая» течь), от 20 до 150 °С («большая» течь).
- Привод сохраняет работоспособность в условиях нарушения отвода тепла из герметичной оболочки и в режиме «малой» течи. В условиях режима «большой» течи привод срабатывает по сигналу аварийной защиты и в течение не менее 24 ч обеспечивает контроль положения ПС СУЗ. После «большой» течи проводится ревизия привода в соответствии с требованиями эксплуатационной документации и определяется возможность его дальнейшей эксплуатации.

СОСТАВ ПРИВОДА ШЭМ

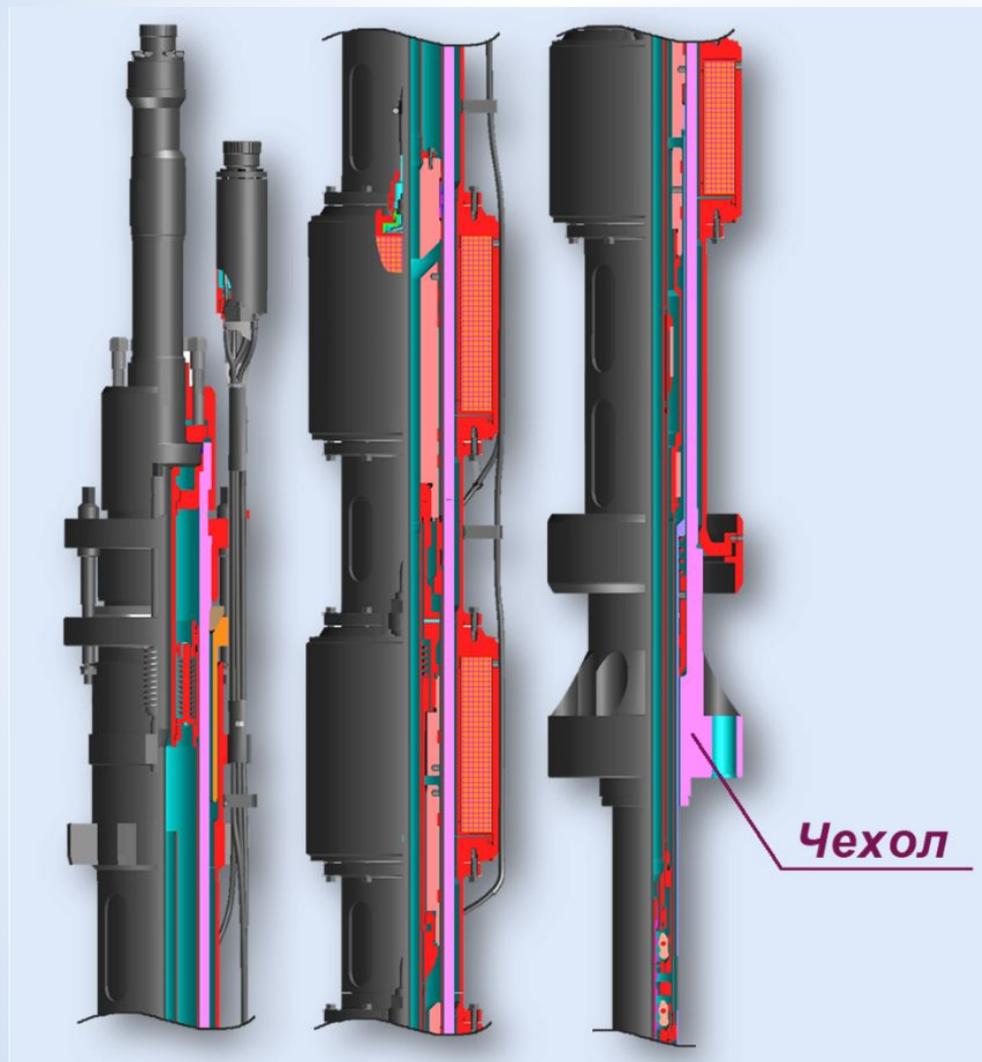
Привод представляет собой электромагнитный механизм, в состав которого входят:

- чехол
- блок электромагнитов
- блок перемещения
- штанга
- датчик положения шаговый

КОНСТРУКЦИЯ ПРИВОДА



ЧЕХОЛ ПРИВОДА

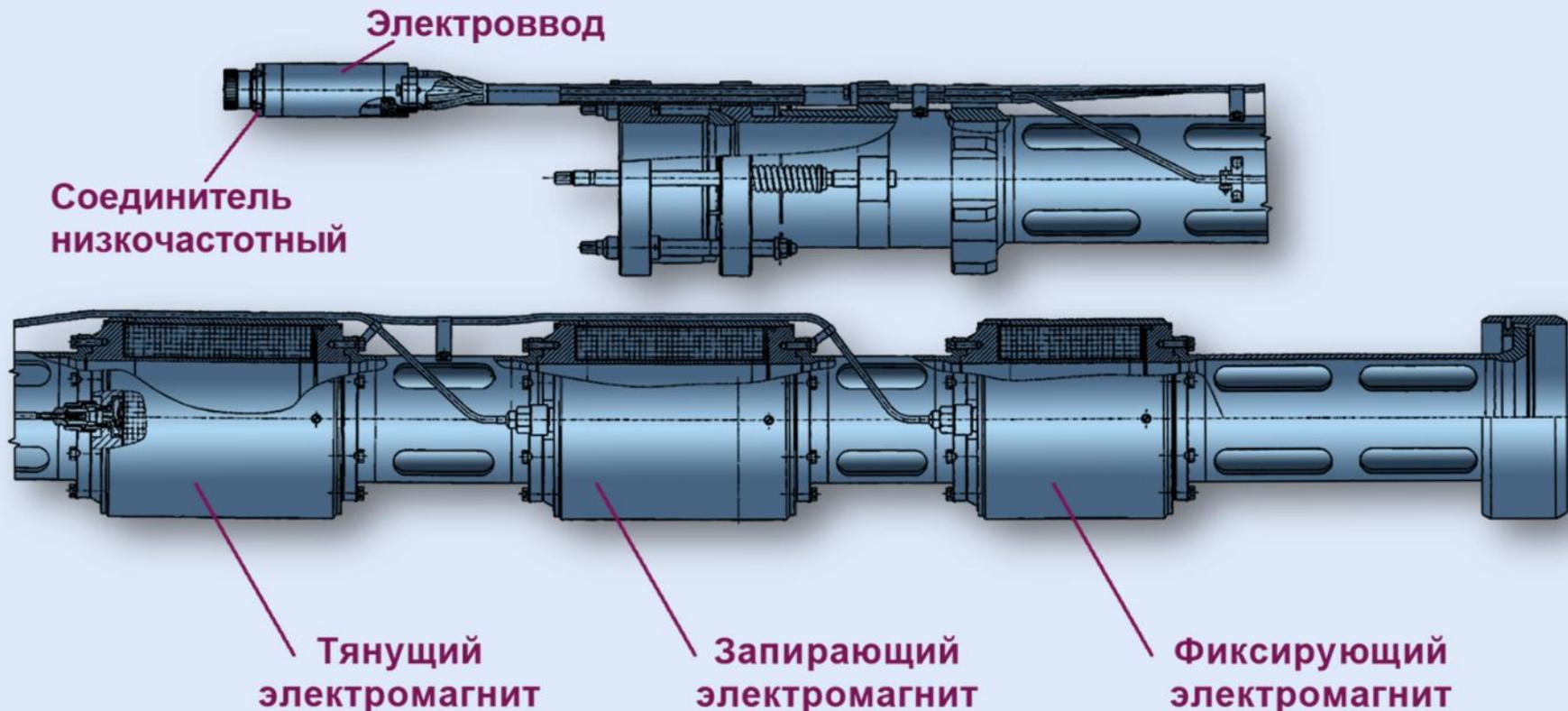


Чехол предназначен:

- для размещения блока перемещения и блока электромагнитов;
- для обеспечения возможности работы привода в условиях первого контура

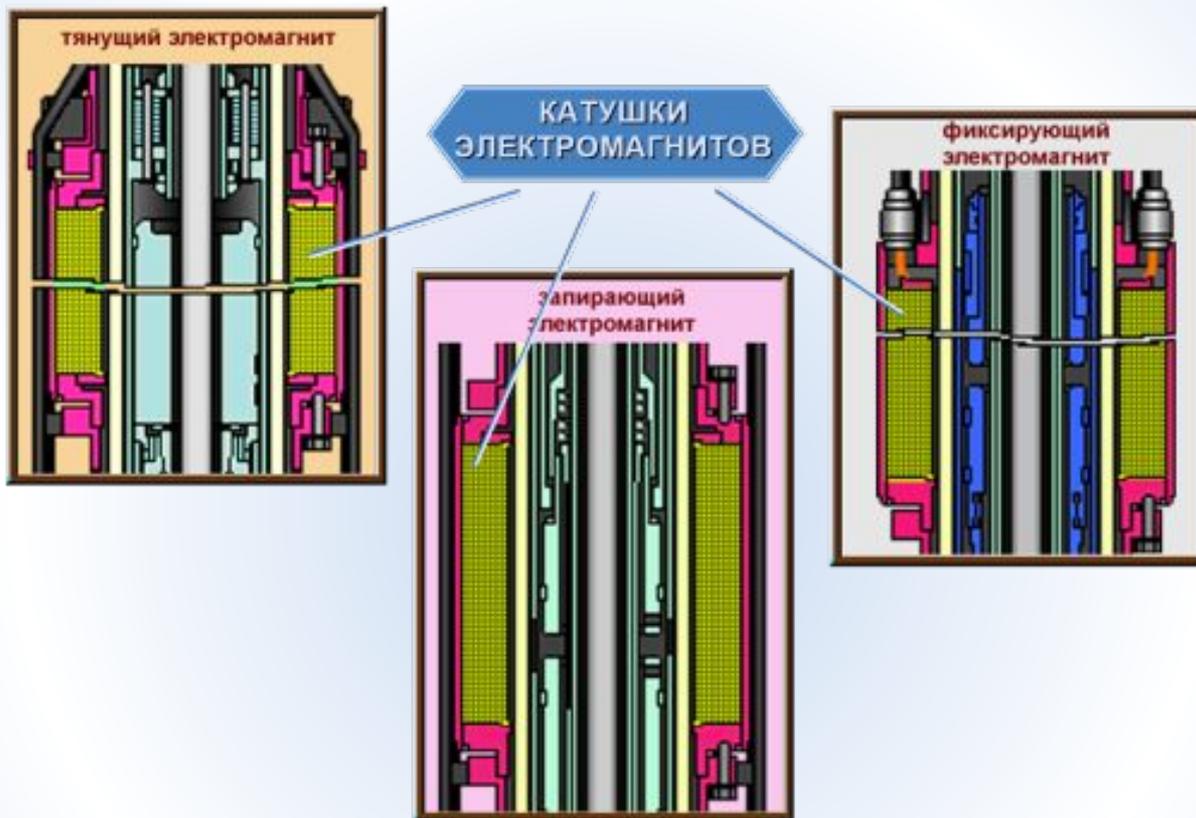
Чехол представляет собой трубу с фланцем для установки и уплотнения на фланце патрубка крышки реактора и втулки, имеющей элементы для уплотнения чехла с датчиком

БЛОК ЭЛЕКТРОМАГНИТОВ



Блок электромагнитов устанавливается снаружи чехла привода и предназначен для передачи силовых воздействий через стенку чехла блоку перемещения посредством магнитного поля.

ЭЛЕКТРОМАГНИТЫ



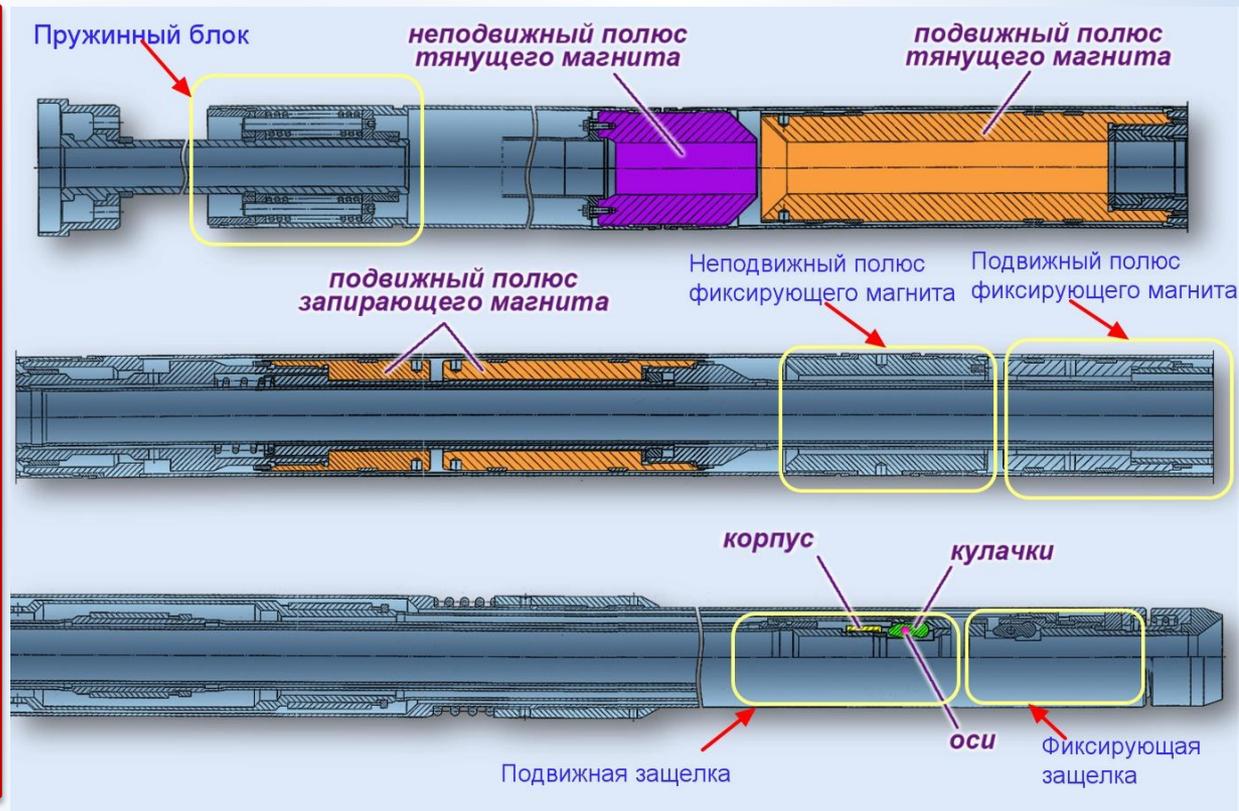
Электромагниты предназначены для создания тяговых усилий, обеспечивающих перемещение подвижных элементов блока перемещения, которые, в свою очередь, перемещают штангу, сцепленную с ПС СУЗ.

БЛОК ПЕРЕМЕЩЕНИЯ

Блок перемещения устанавливается внутрь чехла и предназначен для перемещения штанги с ПС СУЗ

Блок перемещения включает в себя три основных узла:

- блок тянущий
- блок фиксирующий
- блок пружинный



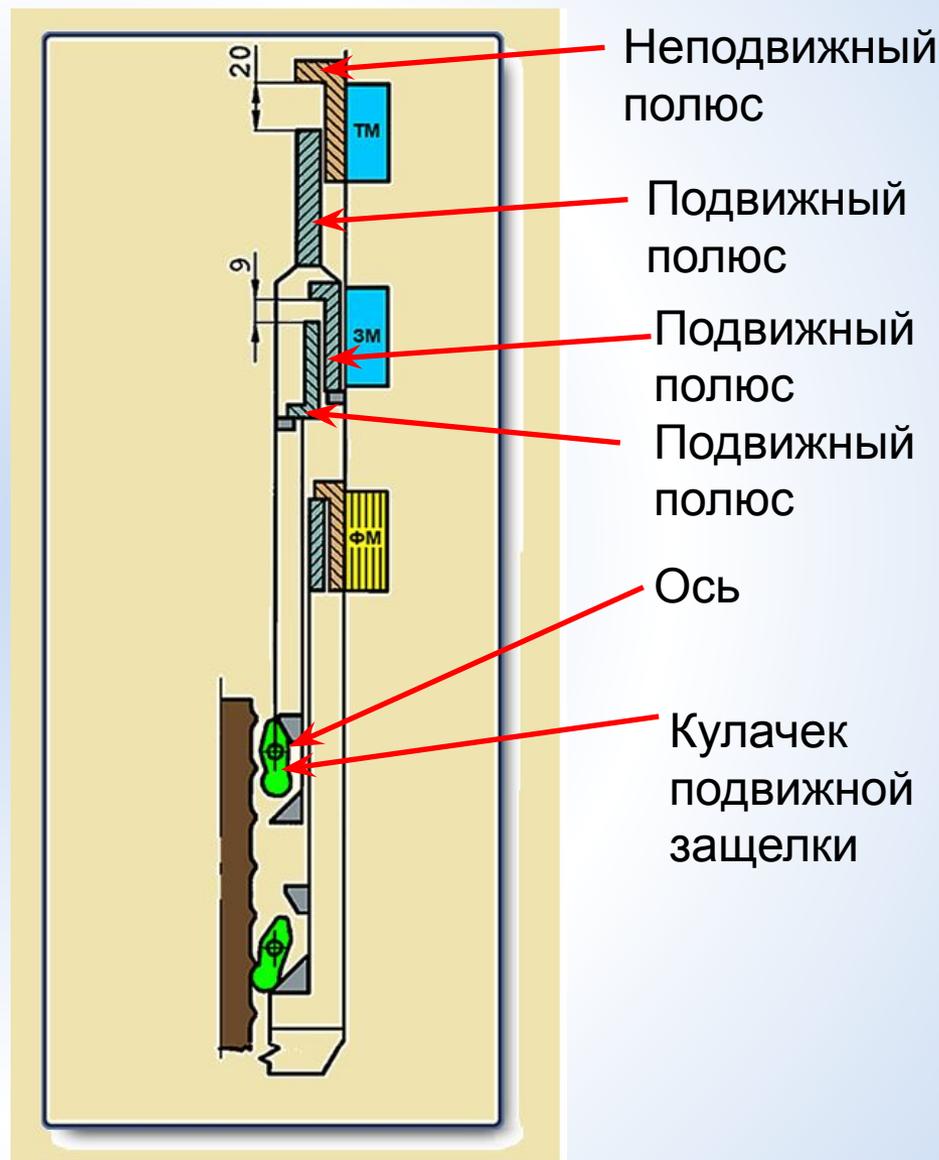
БЛОК ТЯНУЩИЙ

Блок тянущий
осуществляет шаговое
перемещение штанги

Он содержит следующие
основные узлы:

- три подвижных полюса
- неподвижный полюс
- защелку подвижную, состоящую из корпуса, трех кулачков и трех осей

Эти узлы связаны между
собой трубами и
переходниками

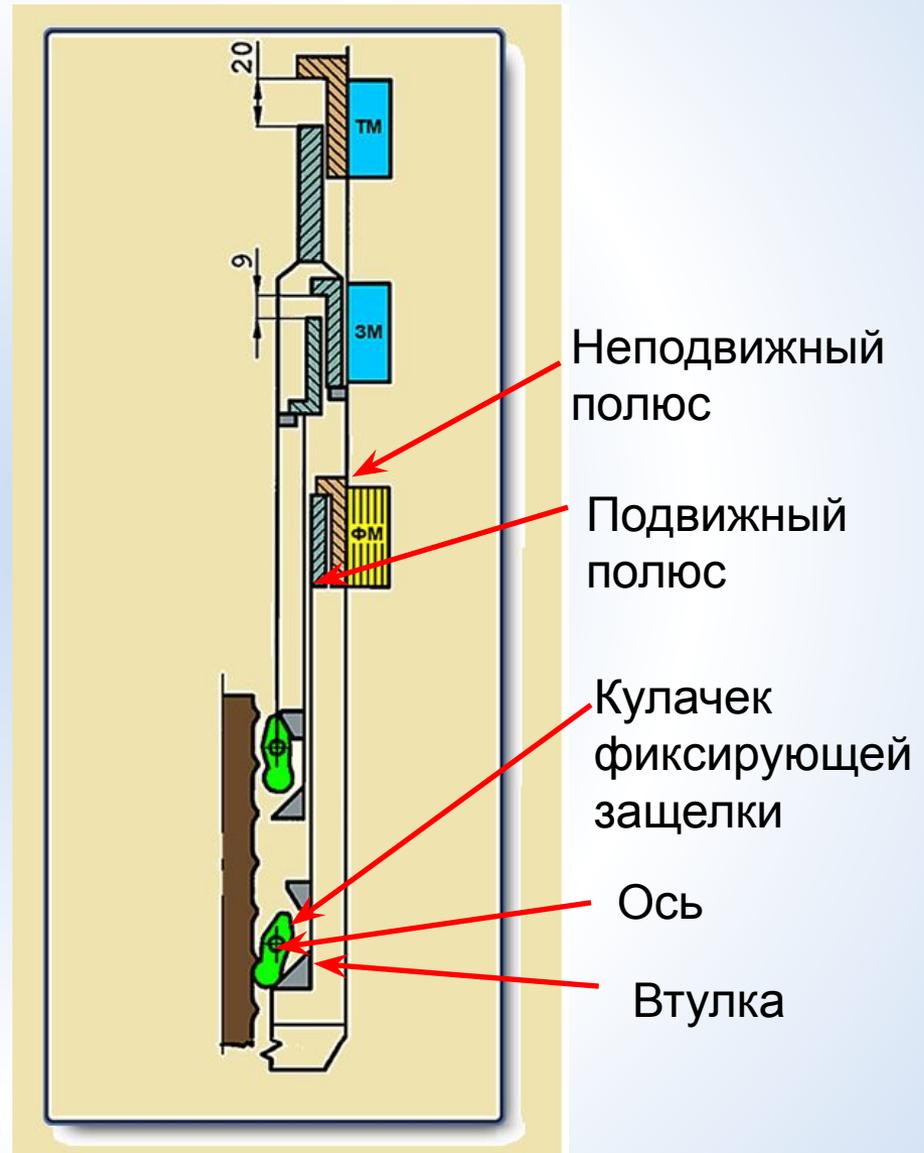


БЛОК ФИКСИРУЮЩИЙ

Блок фиксирующий осуществляет удержание штанги в режиме стоянки и в промежутках между перемещениями штанги

Он содержит следующие основные узлы:

- полюс неподвижный
- полюс подвижный
- защелку фиксирующую, состоящую из корпуса, втулки, трех кулачков и трех осей

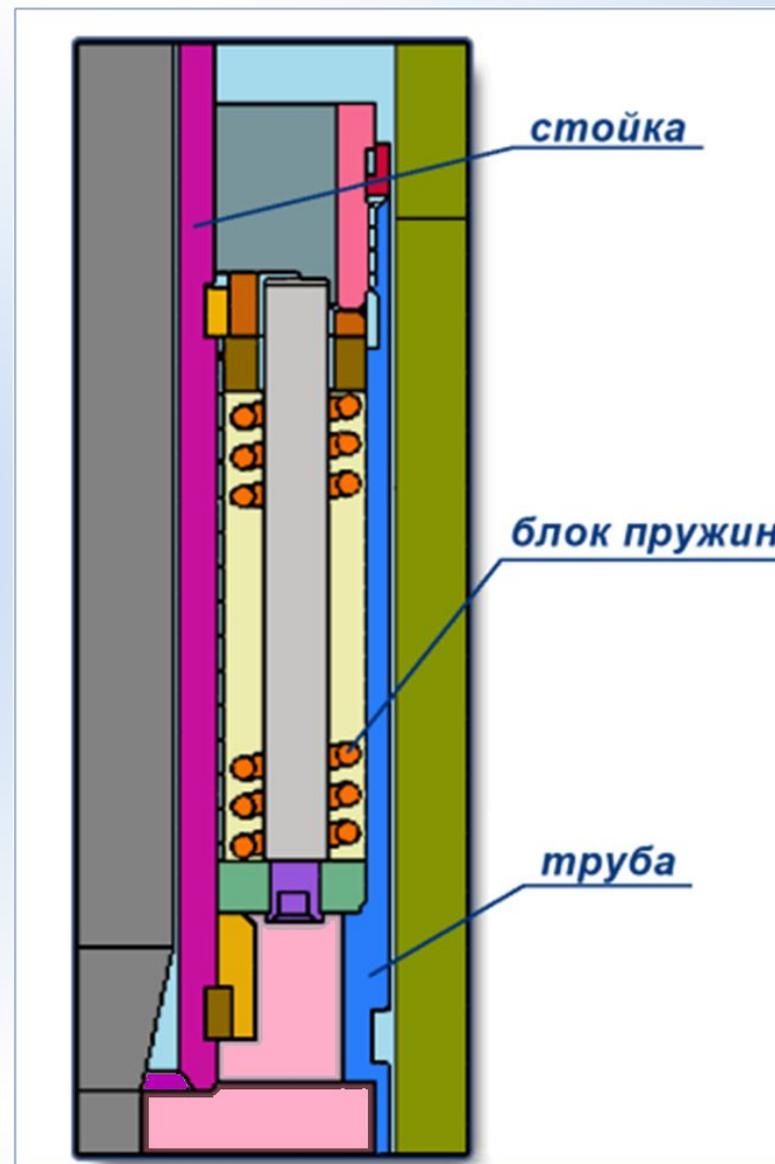


БЛОК ПРУЖИННЫЙ

Блок пружинный расположен внутри чехла и обеспечивает демпфирование ударного воздействия пар полюсов, закрепление блока перемещения на чехле и уплотнение чехла

Он содержит следующие основные узлы:

- стойка
- блок пружин
- труба, жестко связанная с неподвижным полюсом тянущего блока



БЛОК ПРУЖИННЫЙ

1- стойка

2- блок пружин

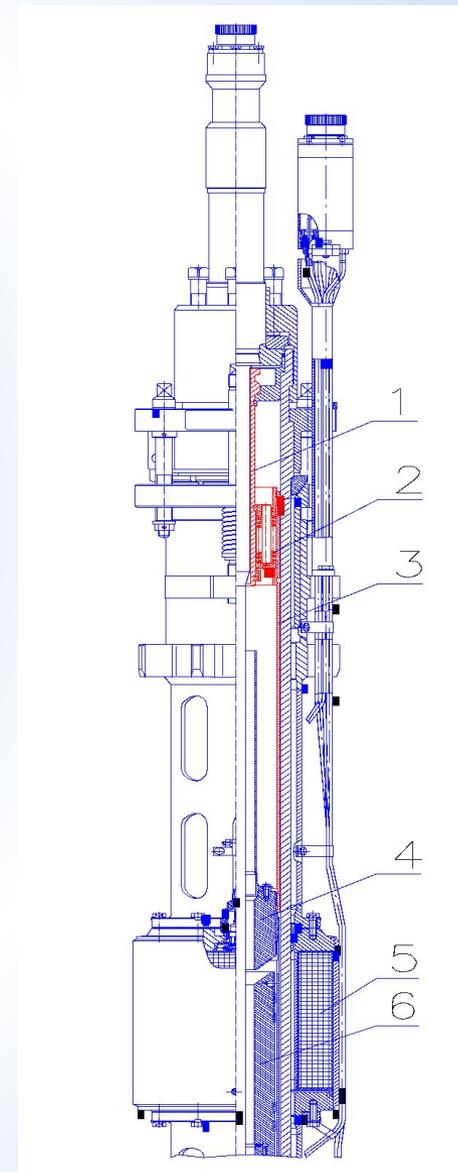
3- труба

4- неподвижный полюс тянущего магнита

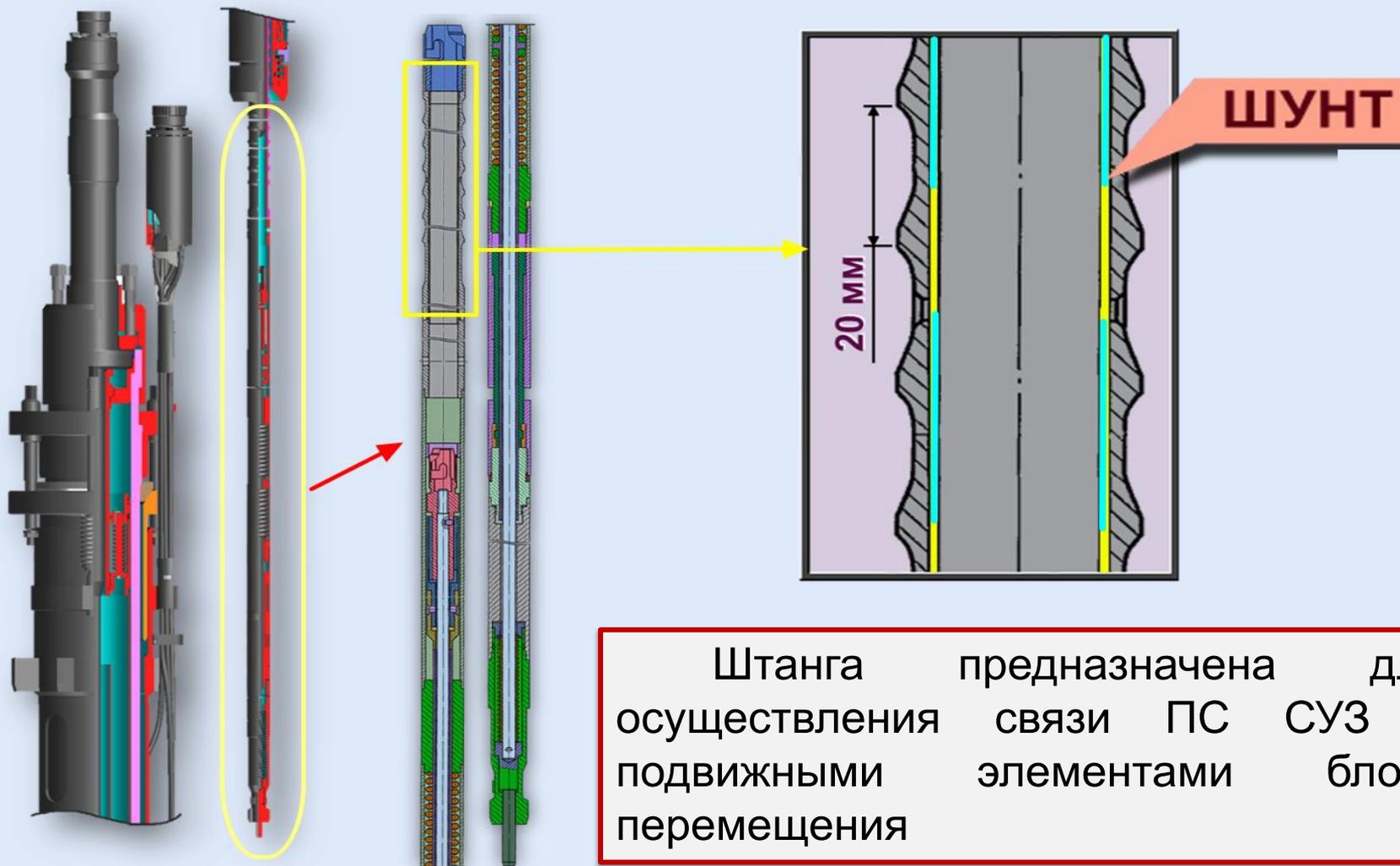
5- тянущий электромагнит

6 – подвижный полюс тянущего магнита

Блок пружинный



ШТАНГА

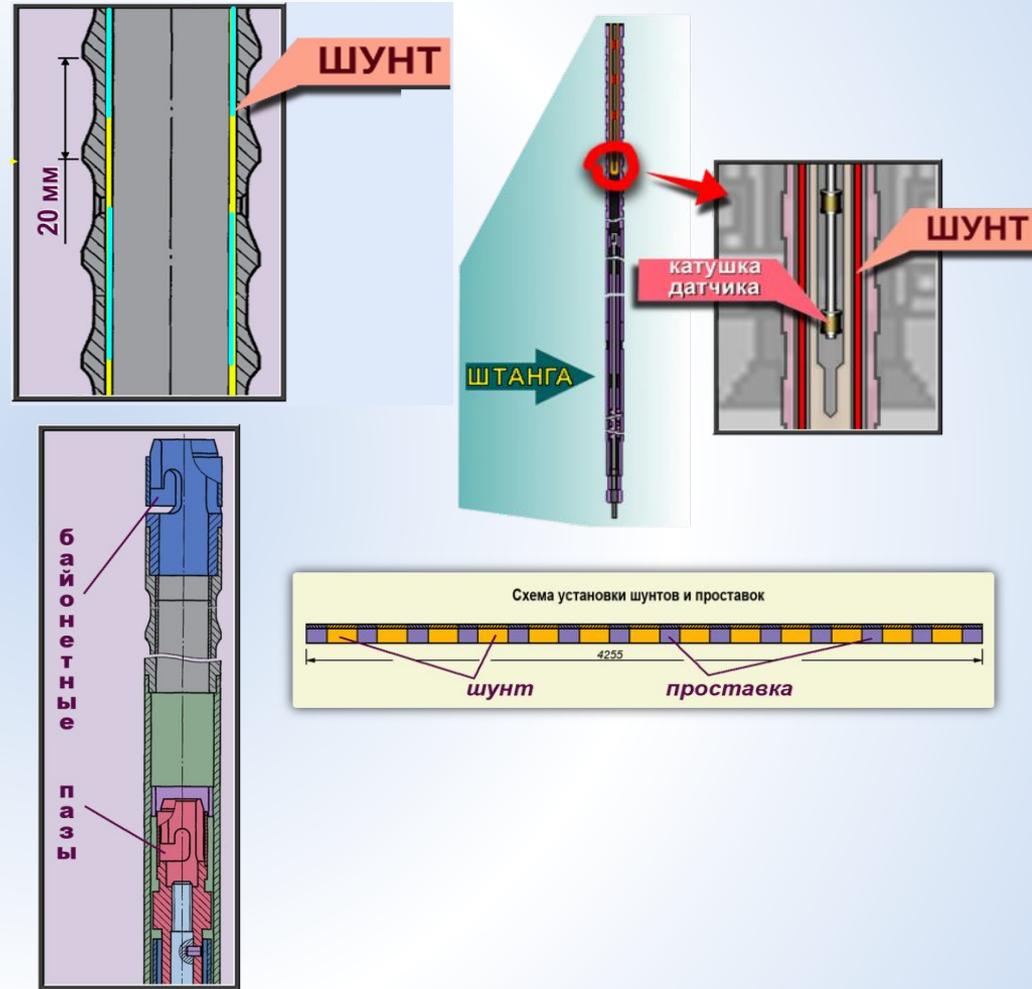


Штанга предназначена для осуществления связи ПС СУЗ с подвижными элементами блока перемещения

ВЕРХНЯЯ ЧАСТЬ ШТАНГИ

Верхняя часть штанги выполнена в виде цилиндрической рейки с шагом зубьев, равным 20 мм, и имеет возможность вращения относительно нижней части штанги, сцепленной с ПС СУЗ.

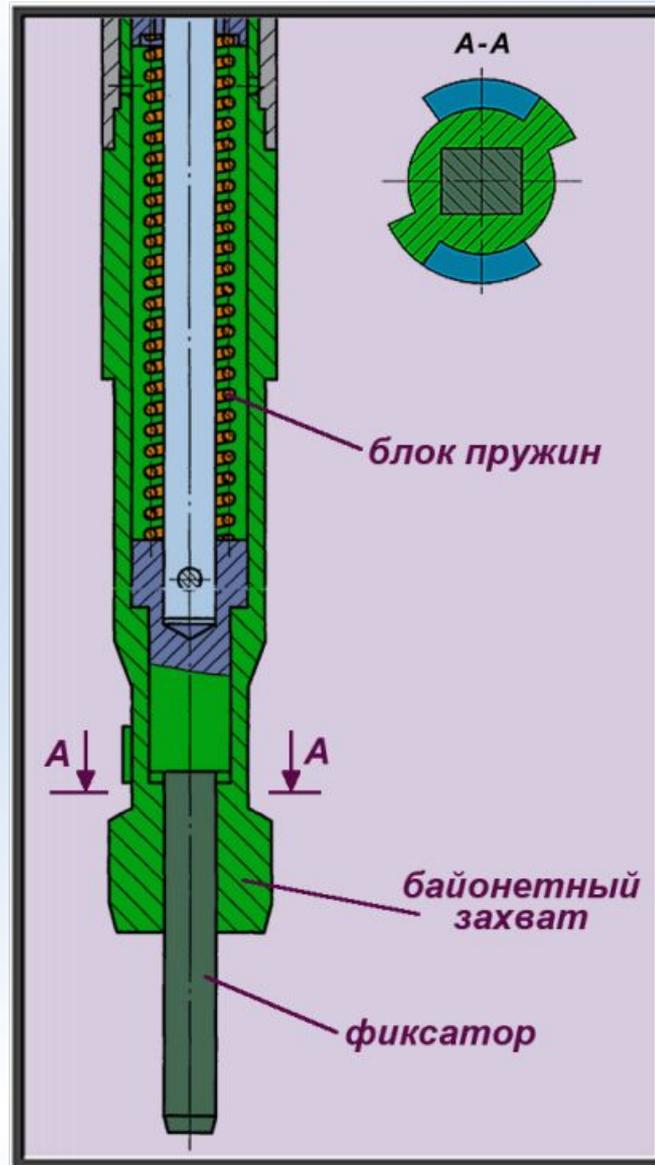
Внутри нее расположены тринадцать шунтов, разделенных между собой проставками. Взаимодействие шунтов с катушками датчика ДПШ формирует сигналы о положении штанги. В верхней части штанги имеются байонетные пазы под ключ для сцепления-расцепления штанги с ПС СУЗ



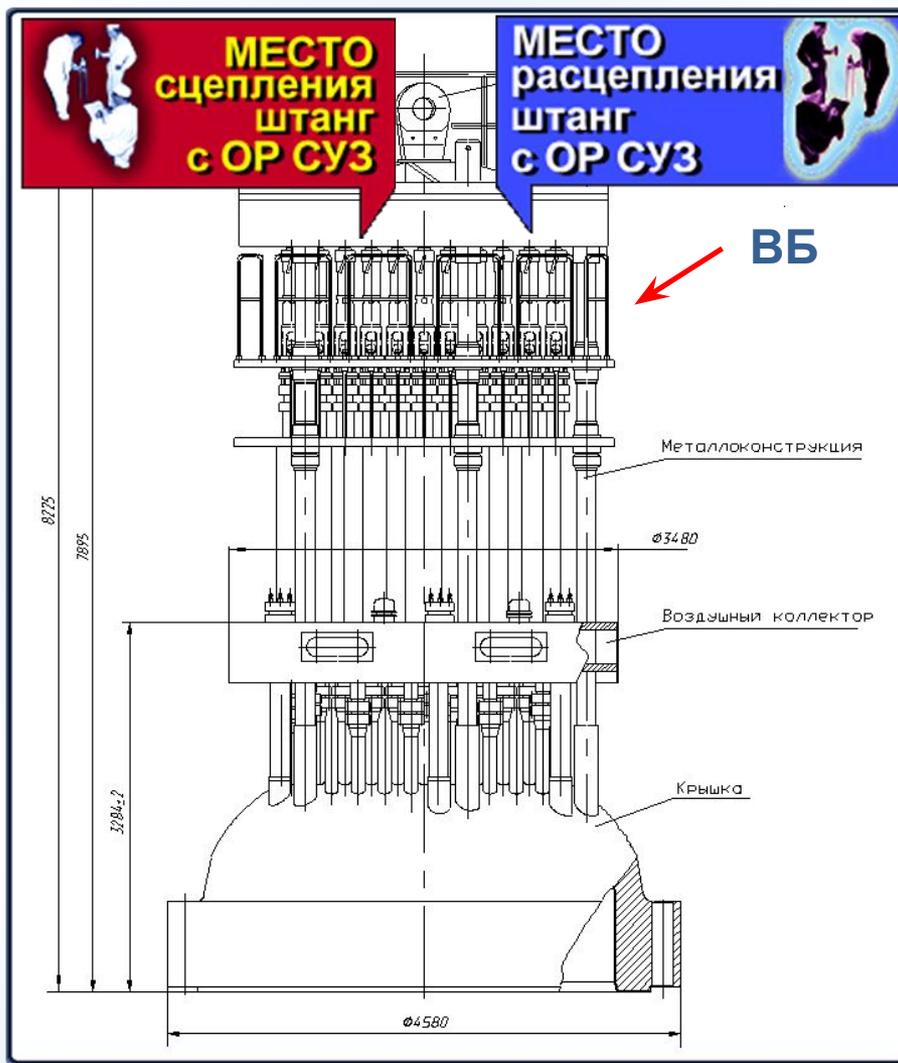
НИЖНЯЯ ЧАСТЬ ШТАНГИ

Нижняя часть штанги имеет байонетный захват для сцепления штанги с головкой ПС СУЗ и фиксатор для фиксации штанги от разворота.

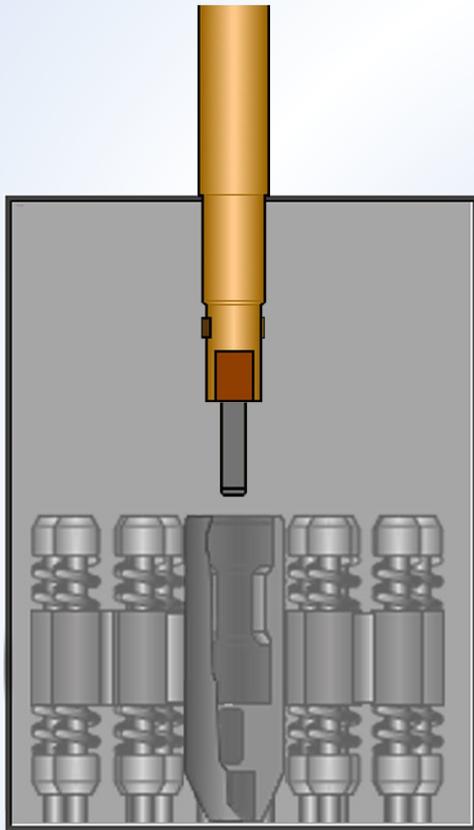
В нижней части штанги расположен также блок пружин, предназначенный для демпфирования штанги при рабочем перемещении и при сбросах



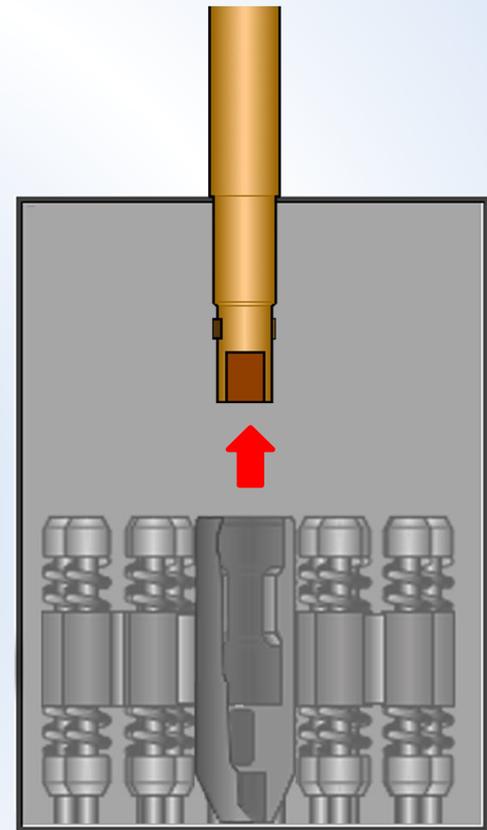
МЕСТА СЦЕПЛЕНИЯ И РАСЦЕПЛЕНИЯ ШТАНГ С ПС СУЗ СУЗ



СЦЕПЛЕНИЕ ШТАНГИ С ПС СУЗ

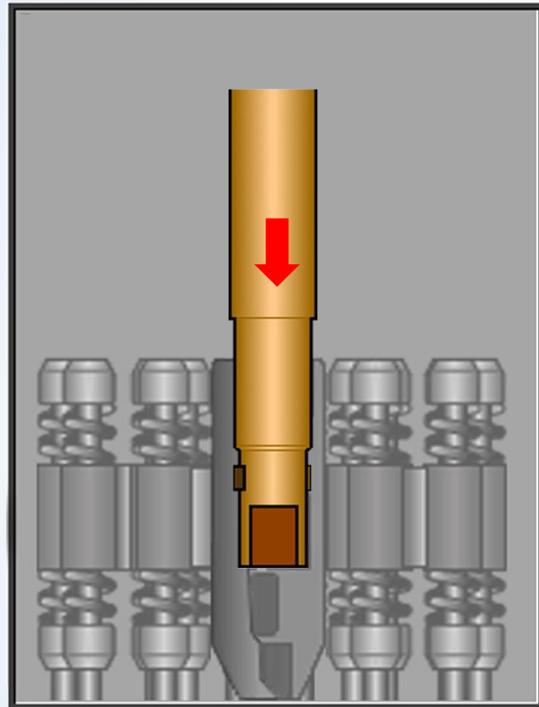


1. Исходное расцепленное состояние

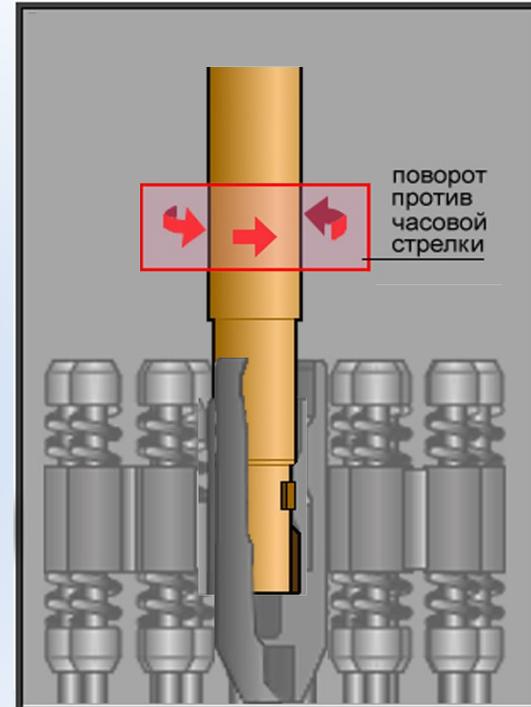


2. Поднять ключом фиксатор штанги вверх на 35 мм

СЦЕПЛЕНИЕ ШТАНГИ С ПС СУЗ

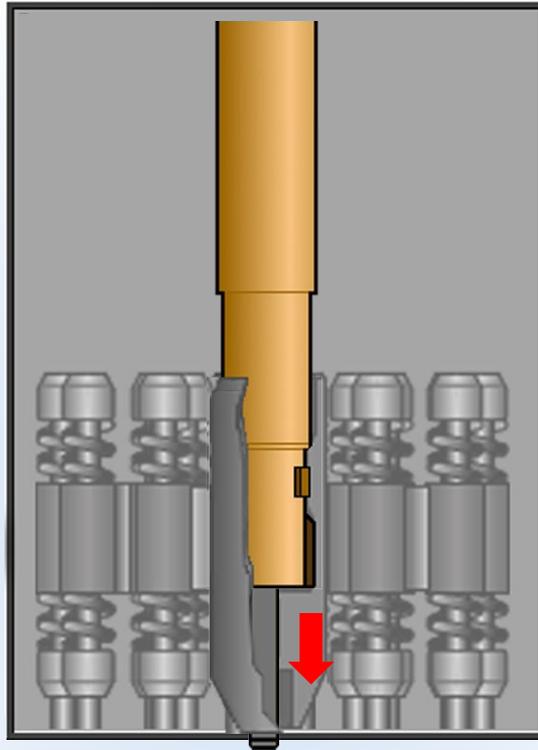


3. Опустить штангу в захватную головку органа СУЗ



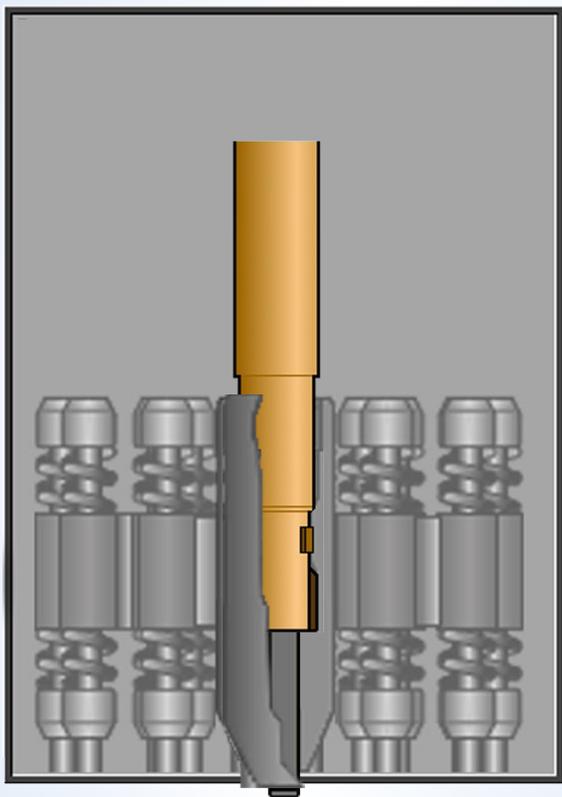
4. Произвести поворот штанги против часовой стрелки

СЦЕПЛЕНИЕ ШТАНГИ С ПС СУЗ

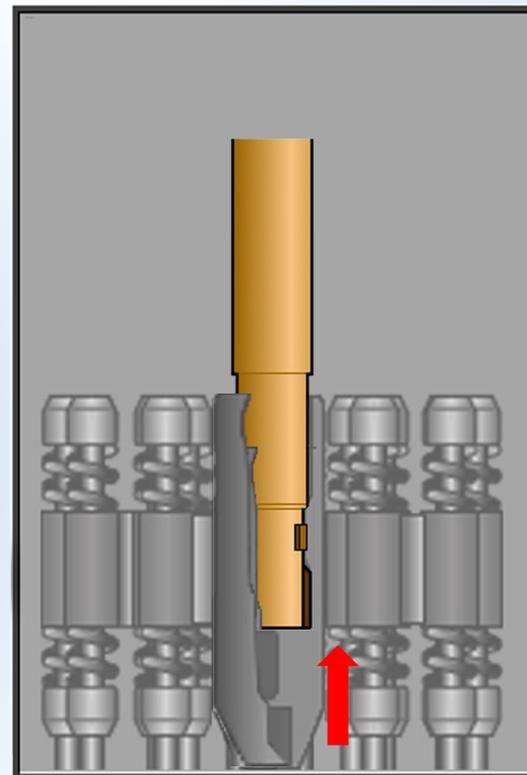


5. Опустить фиксатор в прорезь захватной ГОЛОВКИ

РАСЦЕПЛЕНИЕ ШТАНГИ С ПС СУЗ

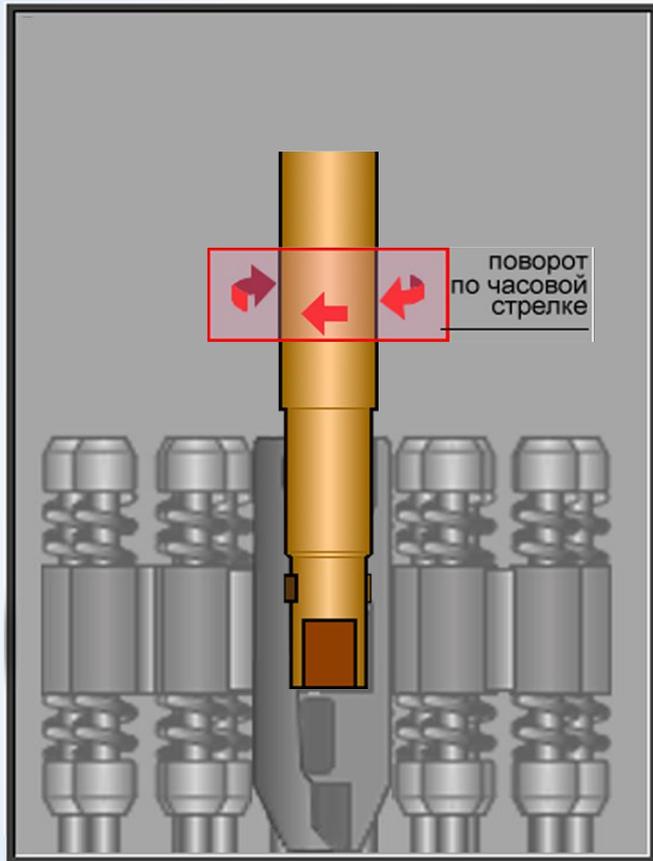


1. Исходное сцепленное состояние

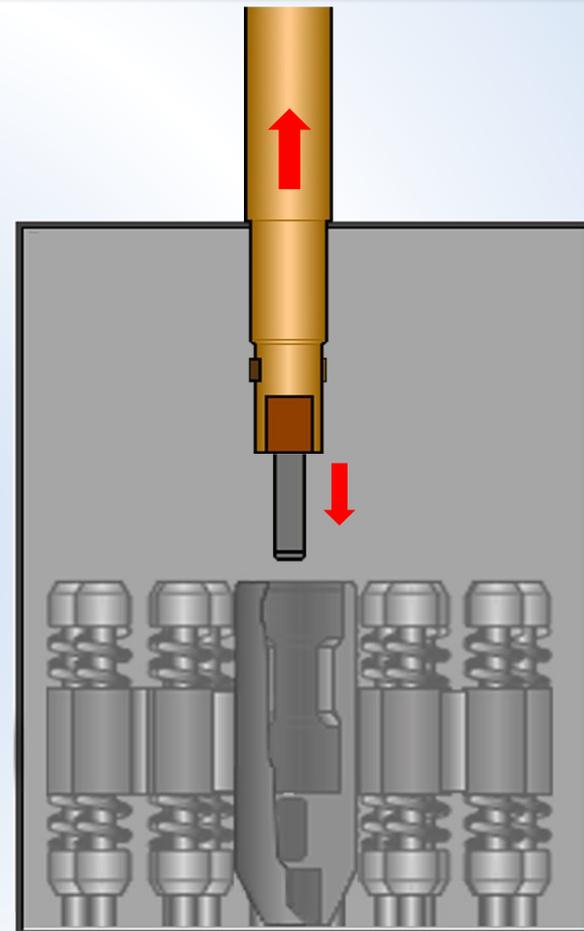


2. Поднять ключом фиксатор вверх на 35 мм

РАСЦЕПЛЕНИЕ ШТАНГИ С ПС СУЗ



3. Произвести поворот штанги по часовой стрелке



4. Поднять штангу вверх и опустить фиксатор

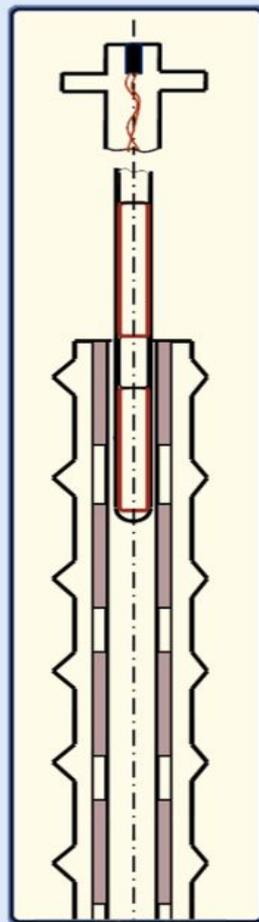
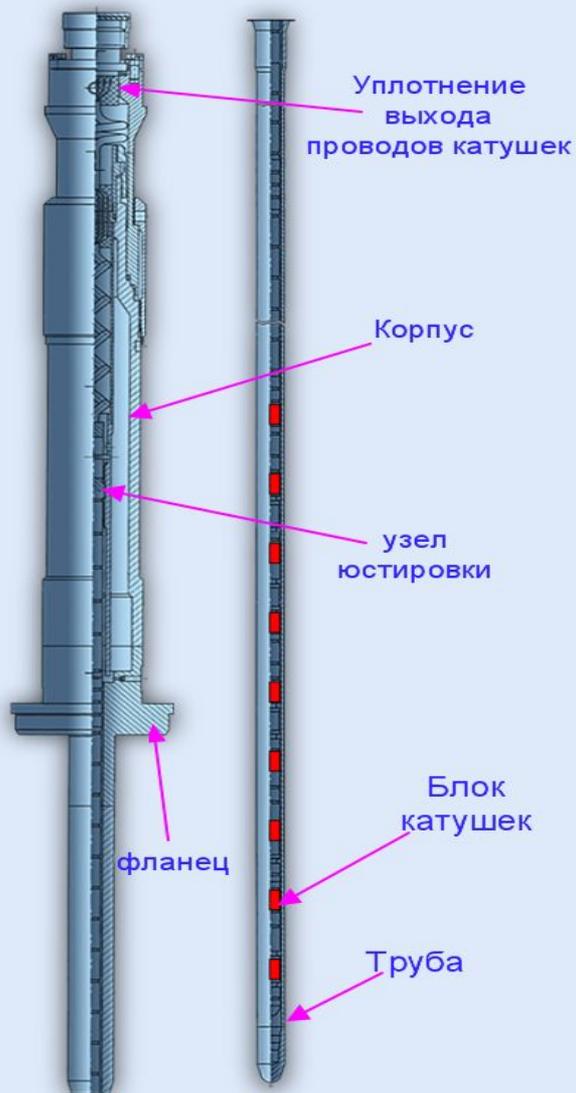
НАЗНАЧЕНИЕ ДАТЧИКА ПОЛОЖЕНИЯ ШАГОВОГО

Датчик положения шаговый
предназначен для:

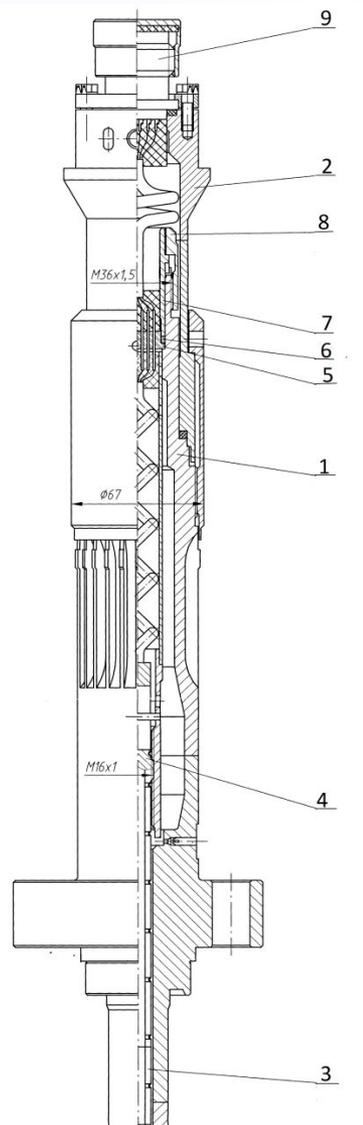
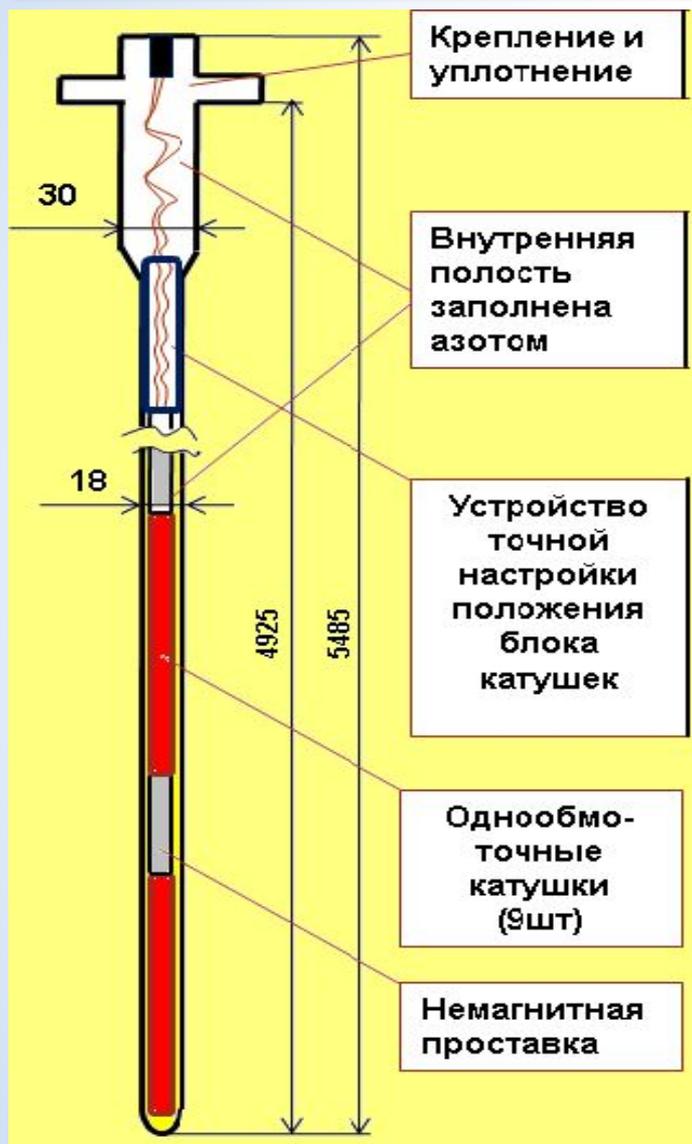
- индикации положения ПС СУЗ и его остановки в конечных положениях (НКВ, ВКВ)
- контроля положения ПС СУЗ через каждые 20 мм
- обеспечения диагностики состояния привода, а именно позволяет контролировать:
 - пропуски шагов при ходе вверх
 - провалы штанги при ходе вниз в режиме перемещения
 - количество шагов
 - время падения
 - время прохождения каждой зоны
 - положение ПС СУЗ в активной зоне при сбросах по сигналу АЗ



КОНСТРУКЦИЯ ДПШ



КОНСТРУКЦИЯ ДПШ



- 1 - Корпус ДПШ
- 2 - Чехол
- 3 - Блок катушек
- 4 - Переходник
- 5 - Гермоввод
- 6 - Прокладка
- 7 - Втулка нажимная
- 8 - Гайка
- 9 - Соединитель

ПРИНЦИП РАБОТЫ ДПШ

Нижняя часть корпуса датчика заводится в штангу привода

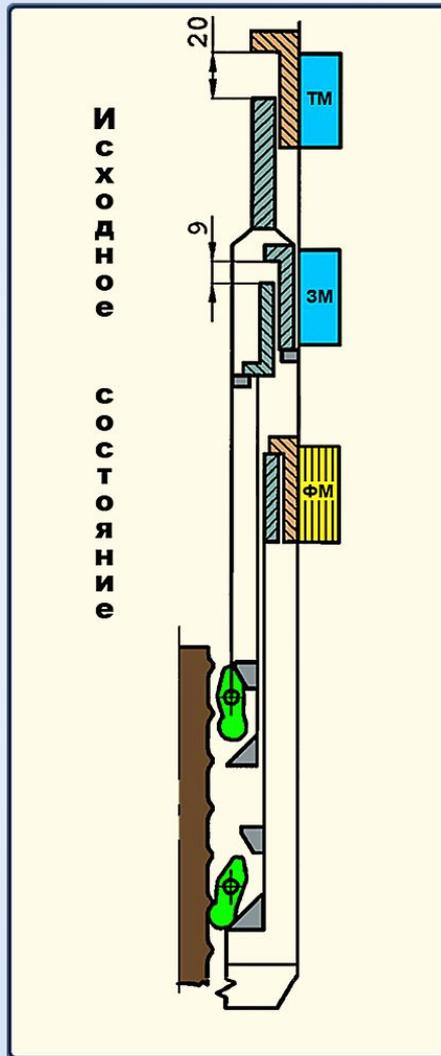
В корпусе датчика расположены 9 катушек расположенных с шагом 100 мм

В штанге привода расположены 13 шунтов

Положение ОР СУЗ определяется по сигналам с катушек



ПЕРЕМЕЩЕНИЕ ШТАНГИ ВВЕРХ НА ОДИН ШАГ

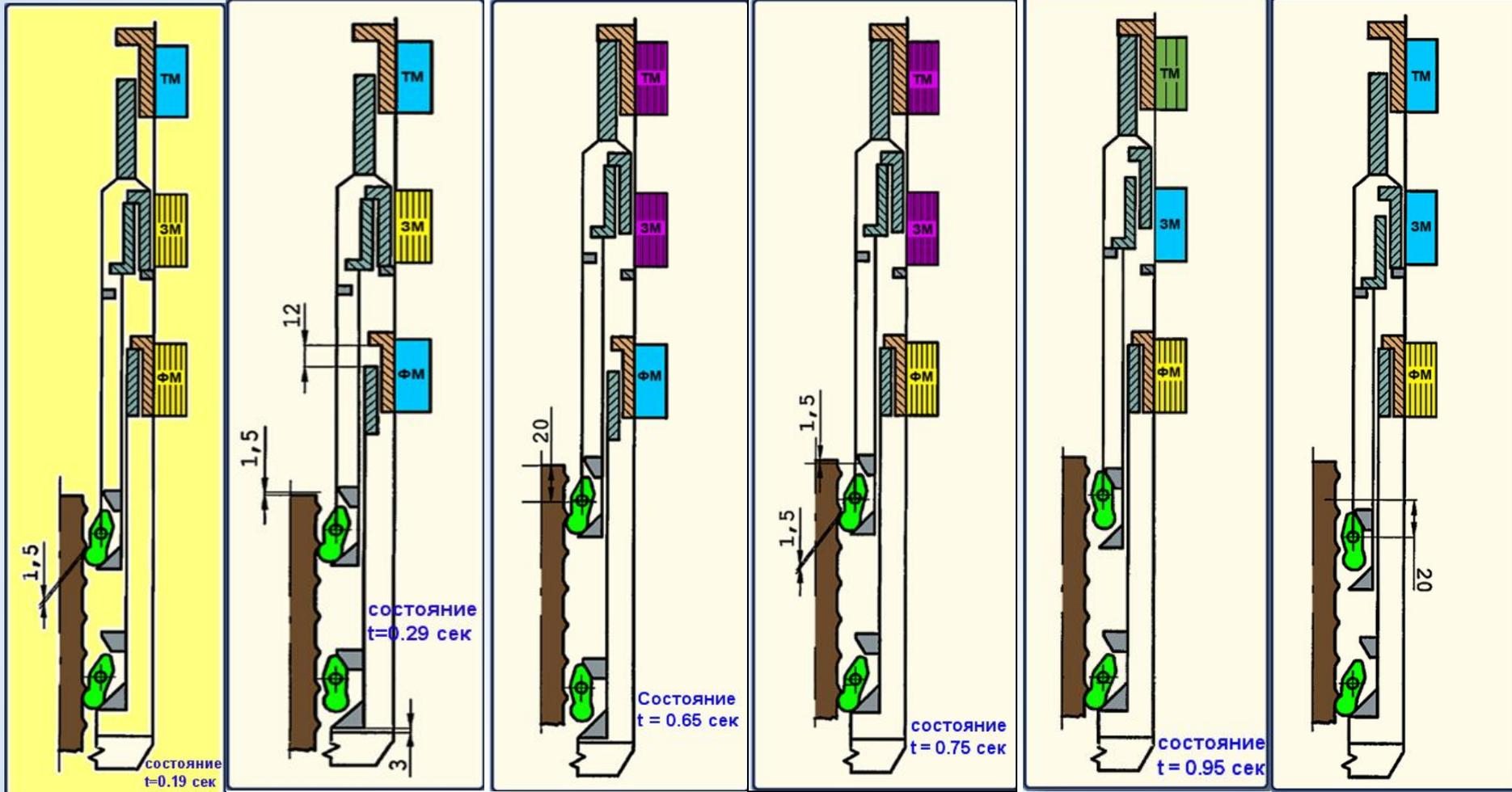


В исходном состоянии включен фиксирующий электромагнит и кулачки фиксирующей защелки удерживают штангу в подвешенном состоянии. Тянущий и запирающий электромагниты обесточены

Наимен. электромагнита	Ток, А	Вкл. ЗМ (ФМ включен)	Откл. ФМ	Подъем штанги с ПС СУЗ	Вкл. ФМ	Вкл. ТМ (демпфир.)	Откл. ТМ Исх. сост.
ТМ	14						
	5,5						
ЗМ	0		0,29		0,75	0,95	1,0
	13						
ФМ	8						
	0	0,03	0,29				1,0
ФМ	9						
	7,5						
Время включения от начала цикла, с		0	0,19	0,65	0,95	1,0	

- Электромагнит обесточен
- Электромагнит находится под током
- Электромагнит находится под током форсирования
- Электромагнит находится под током демпфирования

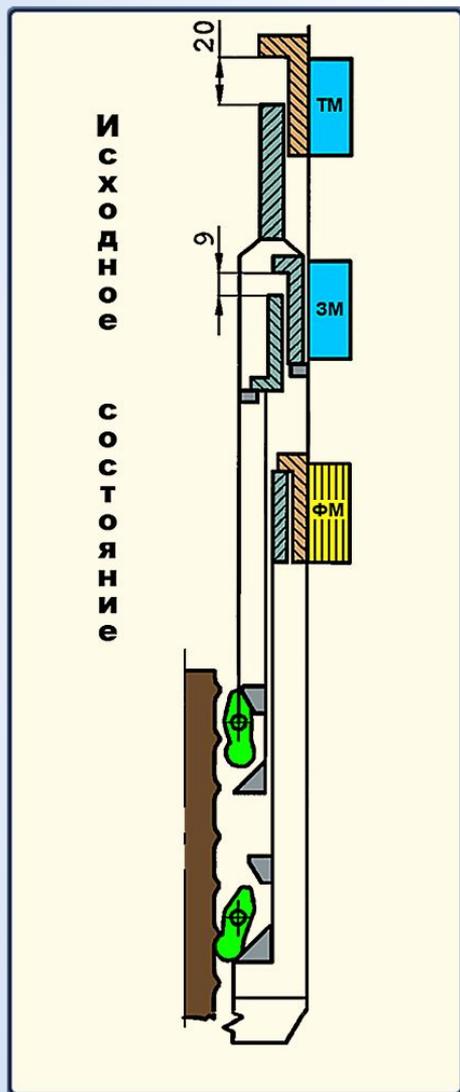
ПЕРЕМЕЩЕНИЕ ШТАНГИ ВВЕРХ НА ОДИН ШАГ



- Электромагнит обесточен
- Электромагнит находится под током
- Электромагнит находится под током форсирования
- Электромагнит находится под током демпфирования

ПЕРЕМЕЩЕНИЕ ШТАНГИ ВНИЗ НА ОДИН ШАГ

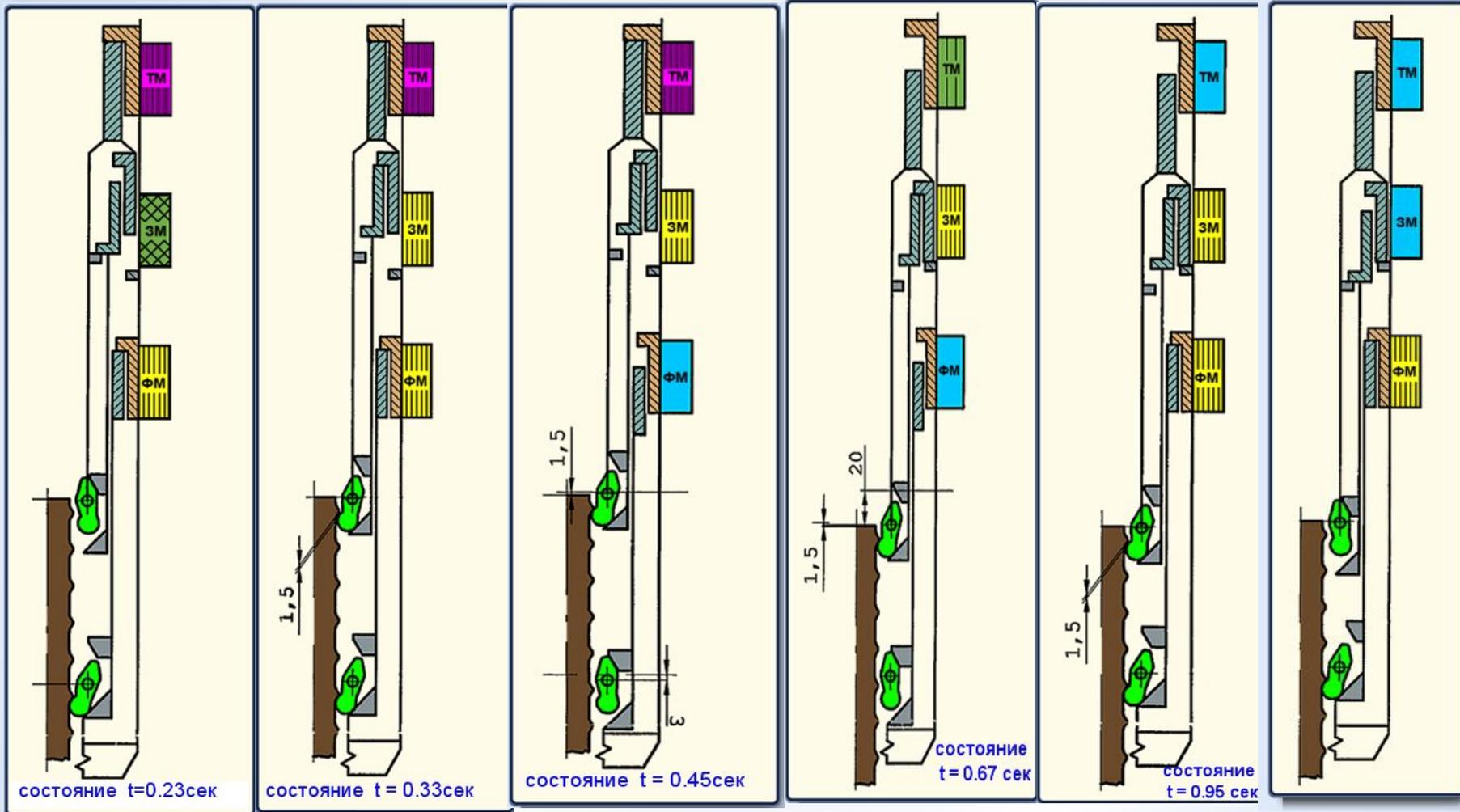
В исходном состоянии включен фиксирующий электромагнит и кулачки фиксирующей защелки удерживают штангу в подвешенном состоянии. Тянущий и запирающий электромагниты обесточены.



Наимен. электромагнита	Ток, А	Вкл. ТМ (ФМ включен)	Вкл. ЗМ	Откл. ФМ	Откл. ТМ	Вкл. ТМ (опускание штанги с ПС СУЗ)	Откл. ТМ	Вкл. ФМ	Откл. ЗМ Исх. сост.
ТМ	13 10								
ЗМ	8 4	0,03		0,45	0,49	0,67			1,0
ФМ	9 7,5	0,03	0,23						0,95 1,0
Время включения от начала цикла, с				0,33			0,82		0,95 1,0

-  Электромагнит обесточен
-  Электромагнит находится под током
-  Электромагнит находится под током форсирования
-  Электромагнит находится под током демпфирования

ПЕРЕМЕЩЕНИЕ ШТАНГИ ВНИЗ НА ОДИН ШАГ

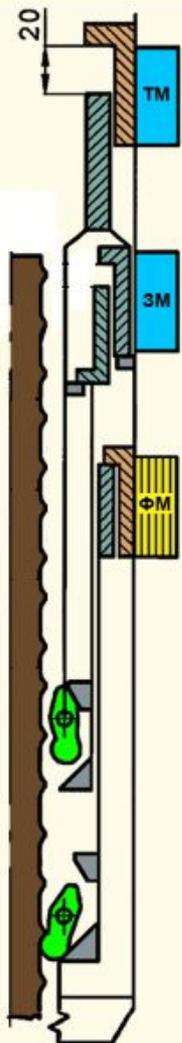


-  Электромагнит обесточен
-  Электромагнит находится под током
-  Электромагнит находится под током форсирования
-  Электромагнит находится под током демпфирования

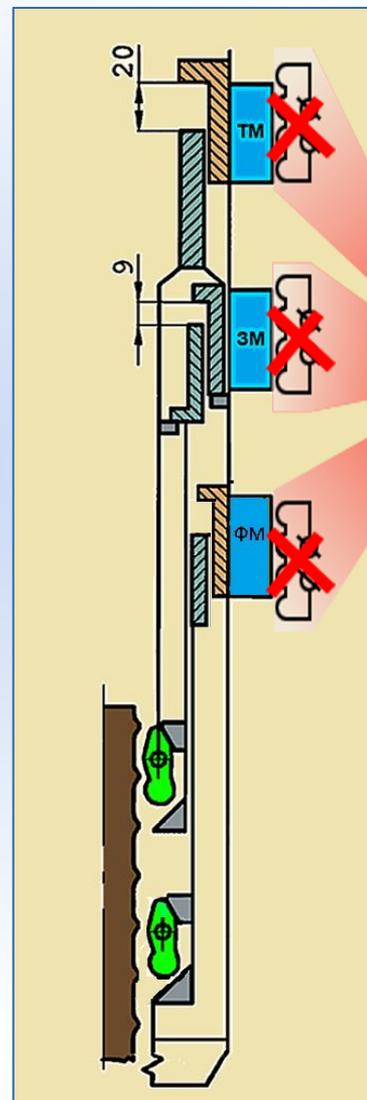
РАБОТА ПРИВОДА ШЭМ ПРИ СРАБАТЫВАНИИ АВАРИЙНОЙ ЗАЩИТЫ

И
с
х
о
д
н
о
е

с
о
с
т
о
я
н
и



Для
осуществления
аварийного сброса
штанги с ПС СУЗ
по сигналу АЗ
производится
обесточивание
всех трех
электромагнитов



**Аварийная
защита**

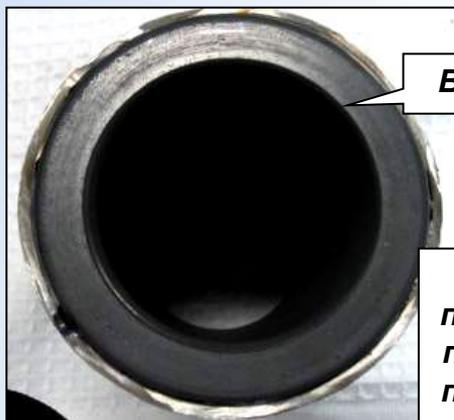
НАРУШЕНИЕ В РАБОТЕ ПРИВОДОВ СУЗ

23.01.2007 при проведении испытаний по процедуре «Испытание блока при ложном срабатывании АЗ» было зафиксировано запаздывание момента начала падения двадцати органов регулирования системы управления и защиты с задержкой **от 5 с. до 21 минуты 24 с.** после прохождения сигнала АЗ



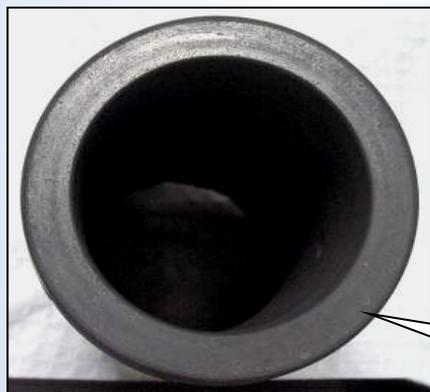
НАРУШЕНИЕ В РАБОТЕ ПРИВОДОВ СУЗ

Фиксирующий электромагнит привода СУЗ ШЭМ-3

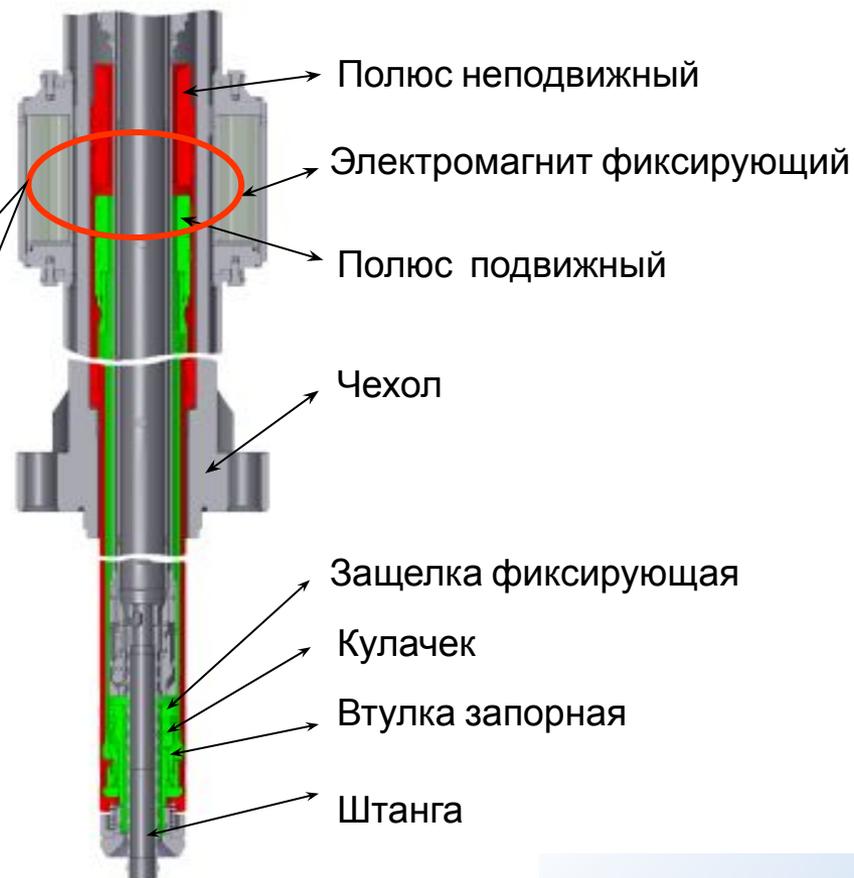


Верхний полюс

Область, в которой произошло схватывание поверхностей контакта полюсов фиксирующего электромагнита привода СУЗ



Нижний полюс



Вид поверхностей контакта полюсов фиксирующего электромагнита привода СУЗ после извлечения из блока перемещения и расцепления