

## УСТРОЙСТВО ЛОКАЛИЗАЦИИ РАСПЛАВА

А.С. Королев

Томский политехнический университет

ЭНИН, АТЭС группа 5031

Устройство локализации расплава (УЛР) при тяжелой аварии с разрушением активной зоны и корпуса реактора удерживает расплав и твердые фрагменты разрушенной активной зоны, части корпуса реактора и внутрикорпусных устройств. Локализация и охлаждение расплава осуществляется в пределах подреакторного помещения бетонной шахты неограниченное время. В течение первых 24 часов после аварии в условиях полного обесточивания АЭС локализация и охлаждение расплава обеспечивается при отсутствии дополнительной подпитки охлаждающей воды извне герметичной оболочки. Для обеспечения последующего надежного удержания расплава в устройстве локализации расплава необходимо обеспечить восполнение запаса воды.

УЛР выполняет следующие основные требования [1]:

- обеспечивает прием и размещение в своем объеме расплава и твердых фрагментов активной зоны и конструкционных материалов реактора;
- обеспечивает устойчивую передачу тепла от расплава к охлаждающей воде;
- удерживает днище корпуса реактора с расплавом при его отрыве или пластическом деформировании до момента выхода расплава из днища корпуса реактора;
- предотвращает выход расплава за установленные границы зоны локализации;
- обеспечивает подкритичность расплава в бетонной шахте;
- обеспечивает подачу воды в бетонную шахту и отвод пара из бетонной шахты;
- обеспечивает минимальный вынос радиоактивных веществ в пространство герметичной оболочки;
- обеспечивает минимальный выход водорода;
- обеспечивает не превышение максимальных допустимых напряжений в конструкциях, расположенных в подреакторном помещении бетонной шахты при различных статических и механических нагрузках;
- способно выполнить свои функции без управляющего воздействия со стороны оперативного персонала.

Кроме того, в процессе взаимодействия расплава с конструкционными материалами и строительными конструкциями выделяются газы. Эти газы оказывают различное воздействие на герметичную оболочку:

- увеличивают давление в герметичной оболочке;
- увеличивают тепловое и динамическое воздействие на герметичную оболочку при диффузионном горении или взрыве газовых смесей;
- интенсифицируют процессы выноса радиоактивных аэрозолей;

- ускоряют процессы разрушения строительных конструкций.

Для этой цели УЛР проектируется таким образом, чтобы на внекорпусной стадии локализации расплава:

- обеспечить не превышение допустимых механических, термических и химических нагрузок со стороны расплава активной зоны на строительные конструкции и оборудование;
- обеспечить допустимый выход газов в процессе локализации расплава;
- обеспечить не превышение допустимых давления и температуры парогазовой среды в гермообъеме;
- обеспечить подкритичность кориума на всех этапах его внекорпусного охлаждения.

Размещение компонентов

Конструкция УЛР состоит из следующих элементов:

- плита нижняя;
- ферма-консоль;
- площадка обслуживания;
- наполнитель (жертвенный материал);
- корпус с опорами.

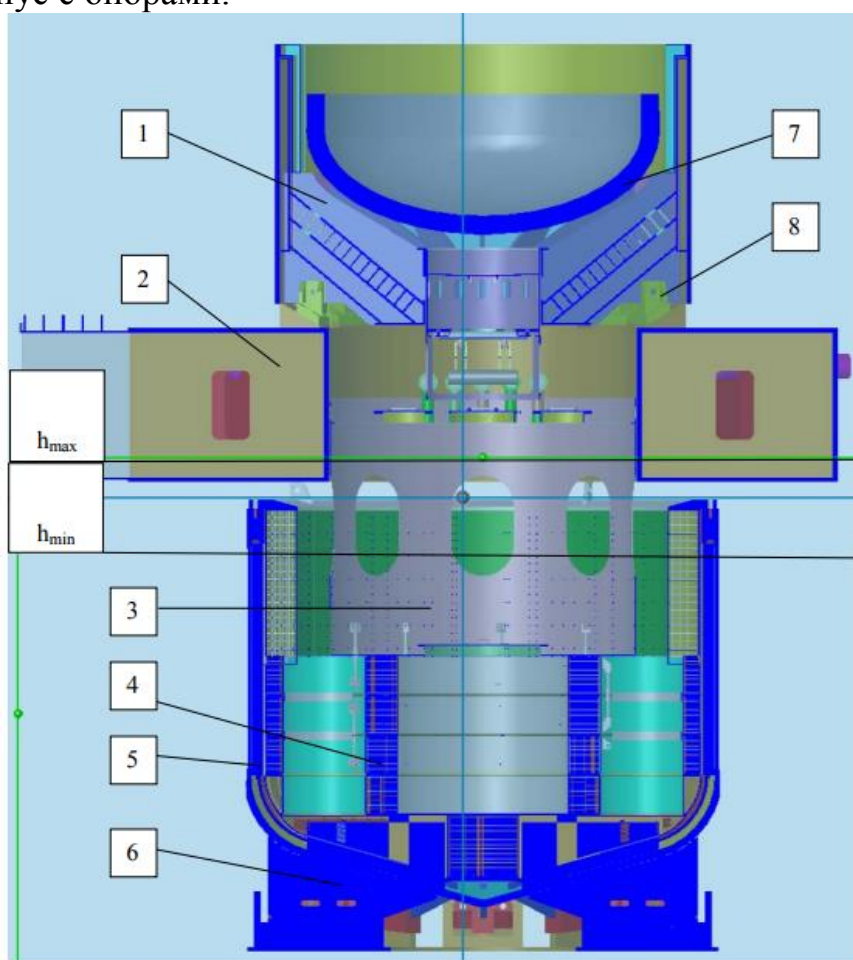


Рис. 3. Внутреннее устройство УЛР: 1 - нижняя плита; 2 - ферма-консоль; 3 - площадка обслуживания; 4 - наполнитель; 5 - корпус УЛР; 6 - опора корпуса УЛР; 7 - корпус реактора; 8 - опора нижней плиты;  $h_{\max}$  - максимальный уровень воды;  $h_{\min}$  - минимальный уровень воды

В случае тяжелой запроектной аварии с расплавом активной зоны и корпуса реактора локализация расплава осуществляется по следующим этапам:

1. После проплавления корпуса реактора расплав кориума попадает в пространство, ограниченное сбоку и снизу водоохлаждаемыми стальными стенками корпуса УЛР, расположенного в подреакторном пространстве бетонной шахты.
2. Пространство УЛР, которое охлаждается водой, частично заполнено жертвенным материалом, который состоит из специальной композиции относительно легких и легкоплавких оксидов и стали конструктивных элементов.
3. Поступающий из реактора расплав кориума взаимодействует с жертвенным материалом, что оптимизирует условия теплоотвода, сглаживает неопределенности, обусловленные различием сценариев протекания тяжелой аварии.
4. Для охлаждения расплава используется вода, которая самотеком поступает с пола на отметке 0,0; баков-приямков и из шахт ревизии ВКУ. Генерируемый в УЛР пар отводится в пространство контейнента через каналы, размещенные в ферме-консоли. Запаса охлаждающей воды достаточно для ее подачи в корпус УЛР пассивным способом в течение 24 часов полного обесточивания АЭС. Снаружи корпус УЛР охлаждается водой, поступающей в бетонную шахту с пола на отметке 0,0 и/или баков-приямков
5. Корпус УЛР обеспечивает отвод тепла от ванны расплава снизу и с боковой стороны. Защита расположенных выше строительных конструкций от теплового излучения с зеркала расплава до завершения формирования ванны расплава осуществляется специальными теплозащитными экранами и последующей подачей воды на поверхность расплава.
6. Обеспечение инверсии металлической и оксидной компонент перед подачей воды на зеркало расплава гарантирует отсутствие паровых взрывов.
7. Отсутствие воды в наполнителе, расположенном в корпусе УЛР, до момента поступления в него расплава обеспечивается конструктивными мерами.

Время поступления расплава в УЛР определяется по температуре внутренней полости площадки обслуживания, которая измеряется датчиками. Если эта температура превышает 400 °С, то расплав поступил в УЛР.

Через один час с этого момента необходимо подать воду сверху на кориум из шахт ревизии ВКУ.

Через 24 часа после начала запроектной аварии, связанной с плавлением активной зоны реактора, будет восстановлено электропитание. В этом случае в проекте предусмотрены варианты подпитки шахты ревизии ВКУ для продолжения подачи воды в корпус УЛР на поверхность расплава.

Прием и рассредоточение расплава осуществляются в наполнителе.

Наполнитель, состоит из:

- пяти блоков кассет;
- узлов крепления блоков кассет;
- тепловой защиты фланца корпуса.

Конструктивно каждый блок кассет представляет собой цилиндрическую конструкцию, имеющую днище, наружную обечайку и крышку, в которой размещаются кассеты с элементами ПОЖА из оксидов железа и алюминия с небольшой добавкой оксида гадолиния [2]. Кассеты и конструкция блока составляют вместе единый силовой элемент.

Блок кассет первого типа имеет днище, повторяющее днище корпуса, остальные блоки кассет имеют в центре сквозное отверстие, что позволяет одновременно и равномерно распределить расплав по всем блокам кассет. Каждый блок кассет имеет по шесть вертикальных прорезей, через которые производится их крепление к корпусу УЛР и между собой посредством узлов крепления.

Верхняя часть корпуса с фланцем ограждается блоком бетонной тепловой защиты.

Все установленные в корзине материалы и сама корзина составляют жертвенный материал. Взаимодействие поступившего в корзину расплава с жертвенными материалами обеспечивает:

1. эффективное снижение температуры сильно перегретой металлической составляющей расплава;
2. уменьшение объемной плотности энерговыделений в расплаве;
3. уменьшение выхода массы газов, аэрозолей и радионуклидов в герметичную оболочку;
4. уменьшение выхода тепловой энергии в герметичную оболочку в начальный период после поступления расплава;
5. подкритичность расплава.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Устройство локализации расплава для АЭС с ВВЭР-1200 / И.А. Сидоров ОАО «Атомэнергопроект», Москва, Россия // 7-я МНТК «Обеспечение безопасности АЭС с ВВЭР» ОКБ «ГИДРОПРЕСС», Подольск, Россия 17-20 мая 2011 г.
2. Гусаров В.В., Альмяшев В.И., Хабенский В.Б., Бешта С.В., Грановский В. С. Новый класс функциональных материалов для устройства локализации расплава активной зоны ядерного реактора // Российский химический журнал. — М., 2005. — № 4. — С. 17—28.
3. Андрушечко С.А., Афоров А.М., Васильев Б.Ю., Генералов В.Н., Косоуров К.Б., Семченков Ю.М., Украинцев В.Ф. АЭС с реактором типа ВВЭР-1000. От физических основ эксплуатации до эволюции проекта. — М.: Логос, 2010. — 604 с. — 1000 экз.

4. Ядерные энергетические установки: учебное пособие для вузов / К.Н. Проскуряков М.: Издательский дом МЭИ, 2015. - 446 с.: ил.

Научный руководитель: С.В. Лавриненко, ст. преподаватель каф. АТЭС ЭНИН ТПУ.

## **ИМПУЛЬСНОЕ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО КОМПЕНСАТОРА ДАВЛЕНИЯ**

Д.А. Дашкевич  
Томский политехнический университет  
ЭНИН, АТЭС, группа 5031.

### **Введение**

Одной из приоритетных задач на АЭС является недопущение превышения давления в первом контуре. Для защиты оборудования и трубопроводов 1 контура на компенсаторе давления установлены импульсные предохранительные устройства (ИПУ).

### **Краткое описание ИПУ КД**

На неотключаемом от КД участке трубопровода сброса в бак барботер установлены параллельно три предохранительных устройства. Одно предохранительное устройство контрольное, остальные два рабочие. Контрольное предохранительное устройство настроено на более низкое давление срабатывания по сравнению с рабочими. Конструктивно контрольные и рабочие предохранительные устройства не отличаются.

Каждое из ИПУ КД состоит из [4]:

- главного клапана (рис. 1);
- двух параллельно подключенных импульсных клапанов (ИК, рис 2);
- четырёх ручных запорных клапанов.

Для дистанционного управления ИПУ КД оборудовано дополнительной линией управления (сбросная линия) в составе:

- дистанционно-управляемым электромагнитным запорным клапаном (ЭМЗК);
- – электроприводным запорным клапаном (ЭПЗК).

На ИК и ЭМЗК установлены электромагнитные привода. ЭМЗК управляется дистанционно от ключа управления с БЩУ и уставок, а электромагнитные привода ИК только от уставок (по принципу тока покоя). При обесточивании электромагнитного привода, ИК работает как клапан прямого действия (от пружины). Установочное положение ЭМЗК и ЭПЗК – вертикальное, электромагнитом и электроприводом вверх.

Главный клапан действует по разгрузочному принципу [3]. Разгрузочный принцип характеризуется тем, что:

- открытие главного клапана происходит за счёт подъёмной силы, действующей на золотник-поршень главного клапана, возникающей во