



МЕРЫ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ НАТРИЕВЫХ
СТЕНДАХ

Клюков Б.П., Козлов Ф.А.,
Кутьин Л.Н., Леднёв А.И.

С С С Р

Совещание специалистов МАГАТЭ
"Натриевые пожары"

1988 г.

А Н Н О Т А Ц И Я

В докладе показаны причины возникновения пожаро-опасных ситуаций, рассмотрен принципиально новый подход к структурной схеме стенда с учётом обеспечения его пожаробезопасности и определены требования к пожаробезопасности натриевых стендов.

І. В В Е Д Е Н И Е

На ранних стадиях работы с натриевым теплоносителем имели место течи натрия с последующим возгоранием в основном по двум причинам:

- недостаточный опыт обслуживающего персонала при работе с натрием;
- недостаточная надёжность применяемого оборудования и приборов.

Накопленный опыт работы с натриевым теплоносителем в настоящее время практически позволяет утверждать, что вышеперечисленные причины сведены к минимуму, а пожаробезопасность исследовательских стендов довольно высока. Однако в связи с тем, что на экспериментальных натриевых стендах приходится проводить ис-

пытания моделей или штатного оборудования АЭС в натуральную величину в наиболее жестких, а подчас и аварийных режимах, поэтому возникает задача обеспечения пожарной безопасности натриевых стендов. И если на атомной энергетической установке, где в качестве теплоносителя используется натрий, применяются меры к исключению возникновения пожаров на вспомогательных системах, то на экспериментальных стендах вследствие использования нештатных систем циркуляции, охлаждения, систем контроля проблема пожара на вспомогательных системах остается довольно актуальной. Рост объемных характеристик натриевых стендов позволяет ставить задачу принципиально нового подхода к пожаробезопасности натриевых стендов.

2. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Выбор средств и методов пожаротушения базируется на основании максимального объема проливаемого натрия.

Анализ возможных отказов применительно к экспериментальным стендам (см. табл. I) показал, что одним из характерных участков может служить узел сварки основного контура со вспомогательным, где в результате большого количества теплосмен возникают термоусталостные напряжения [1], которые могут привести к трещинообразованию (см. рис. 1). При длине трещины 150 мм согласно [2] протечка составит $225 \text{ см}^3/\text{мин}$, с учетом останова циркуляции натрия и его дренирования пролив составит 13,5 л. Однако нельзя полностью исключить образования более ощутимого дефекта вследствие термоудара от вторичных факторов: попадание воды, масла на горячий трубопровод. Поэтому пассивные и активные средства пожаротушения должны рассчитываться на количество излившегося натрия из участка контура стенда, который не отсекается запорной арматурой.

Таблица I

Типичные случаи разгерметизации контура натрия и причины, их вызывающие

№ п/п	Вид оборудования, подверженного разгерметизации	Наиболее уязвимый узел	Причина разгерметизации	Мах. сечение разгерметизации	Расход натрия в начальный момент (оценка л/с)	Рекомендации по проектированию и эксплуатации узлов, подверженных разгерметизации
1	2	3	4	5	6	7
1.	Запорная и регулирующая арматура Ду10-Ду100	Сильфонное уплотнение штока	1. Усталостные напряжения вследствие повышенной вибрации 2. Разрыв сильфона из-за скопления отложений	« Ду5	Капельная течь через дублирующее уплотнение	1. Не допускать использования запорной арматуры для щелей регулирования расхода. 2. Вентили должны устанавливаться с отклонением от вертикали не более, чем 60°.
2.	Штуцерные и фланцевые прокладочные соединения	Прокладочный узел	Ослабление усилия затяжки из-за ползучести	Зависит от диаметра прокладки	Капельная течь	1. Замена прокладочных соединений на беспрокладочные с усиковым швом для герметизации
3.	Тонкостенные погружные (заглубленные) термопары	Чехол термопары	Эрозионный износ (кавитации)	Ду5+Ду10	0,21 л/сек	1. Установка дублирующего чехла термопары. 2. Установка пояса герметизации (в зоне кабельного выхода).

1	2	3	4	5	6	7
4. Трубы теплообменника (натрий-воздух)	Заделка в трубной доске	1. Некачественное изготовление. 2. Термические напряжения	« Ду5	0,67 л/с	1. 100% рентген швов. 2. Расчёт термических напряжений при проектировании. 3. Правильный выбор конструкции и материалов.	
5. Предохранительные разрывные мембраны	Ошибка обслуживания персонала	Гидравлический удар натрия при броске в газовую систему	$S = S$ газового трубопровода \approx Ду25	$\leq 2,7$ л/с (кратковременно)	1. Установка ловушек паров натрия на газовой трассе перед мембраной.	
6. Вспомогательные трубопроводы	Узел приварки (стыковки к основному трубопроводу)	1. Коррозионно-эрозийное разрушение. 2. Гидравлический удар. 3. Высокие температурные напряжения.	Для трубопровода (Ду100) сечение эквивалентно трубопроводу Ду25	≤ 5 л/с	1. Качественное поддержание примесей на уровне технических требований. 2. Тщательная проверка конструкции установки на возможность появления гидроудара. Разработка рекомендаций в инструкции по обслуживанию. 3. Расчёт трубопроводов на компенсацию и самокомпенсацию.	
7. Свечи сигнализаторов уровня, уплотнения уровня.	Узел уплотнения	Прорыв узла уплотнения при забросах натрия в газовую полость	« Ду5	Капельная течь	1. Выбор надёжных уплотнений. 2. Установка воздушных холодильников перед уплотнением. 3. Исключение ошибок при эксплуатации.	

Продолжение табл. I

1	2	3	4	5	6	7
8. Разрыв тонкостенных деталей оборудования	Мембрана, сифоны, манометров, вентилей, трубы, датчиков	Нарушение технологического режима разогрева установки или оборудования с замороженным натрием	До нескользкой см	Возможно интенсивное струйное истечение с разбрызгиванием натрия; расход до 10 л/с	Расчетно-экспериментальное обоснование технологии разогрева установок, заполненных натрием; строгое соблюдение технологического процесса.	



Рис. 1. Трещина в узле сварки основного контура со вспомогательным

3. СТРУКТУРНАЯ СХЕМА СТЕНДА С УЧЕТОМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРОБЕЗОПАСНОСТИ

Обеспечения максимальной пожаробезопасности можно достичь при такой структурной схеме натриевого стенда, когда при любой разгерметизации возможен минимальный пролив натрия. Такой принцип может быть заложен, если структурная схема будет состоять из отдельных модулей, где авария на одном из модулей не получает распространения на другие участки стенда. Здесь основная трудность состоит в том, что некоторые участки контура при минимальной длине имеют большой объём натрия и конструктивно не могут быть рассечены арматурой (бак насоса, бак-компенсатор, теплообменник). Модульное исполнение стенда позволяет применять стандартизированные средства пассивного и активного пожаротушения. Проектирование и применение средств пожаротушения из стандартных элементов позволяет снизить затраты на их проектирование и изготовление.

4. ВЫБОР ПАССИВНЫХ И АКТИВНЫХ СРЕДСТВ ПОЖАРОТУШЕНИЯ НАТРИЯ

В качестве основного пассивного средства пожаротушения натрия применяются поддоны самотушения. Эксперименты с поддонами самотушения подтверждают их высокую эффективность [3]. К пассивным средствам пожаротушения следует отнести и различные порошковые составы, находящиеся на полу стенда в специальных запаянных пакетах. При попадании горячего натрия легкоплавкая оболочка разрушается и специальный порошковый состав всплывает и вспенивается на поверхности натрия, образуя изолирующую "корку" от кислорода и влаги воздуха, закрывая поверх-

ность горящего натрия. К активным средствам пожаротушения следует отнести специальные установки порошкового пожаротушения. От сигнала контактного датчика или термопреобразователя на пульт управления подаётся сигнал пожара и автоматически или вручную в очаг пожара по специальному трубопроводу через распыляющую насадку подаётся огнегасящий порошок. Количество порошка и режим его подачи отрабатываются заранее. Для ликвидации локальных натриевых пожаров, возникающих вне зоны стационарных установок, служат переносные порошковые огнетушители различного объёма.

Организация применения пассивных и активных средств пожаротушения натрия при возникновении аварии может быть представлена следующим образом.

4.1. Получение светового и звукового сигналов от контактного и термодатчика, а также от дымоизвещателя "пожар".

4.2. Эвакуация натрия в дренажные ёмкости и "рассечение" структурной схемы стенда на секции.

4.3. Приведение в готовность системы порошкового пожаротушения (уточнение сектора горения, набор арматуры).

4.4. Дистанционная подача порошка в очаг горения.

4.5. Контроль ликвидации очага пожара. При реальном пожаре большое значение приобретает своевременная информация о месте течи и приблизительной оценке скорости истечения натрия, что позволяет оператору более действенные меры, которые приводят к уменьшению причинённого ущерба.

5. ПОЖАРООПАСНОСТЬ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Возникновение пожара на вспомогательных системах (горение масла, питающих кабелей, органических охлаждающих жидкостей), как свидетельствует практика эксплуатации натриевых стендов,

находится по частоте возникновения на уровне натриевых пожаров. Герметизация вспомогательных контуров натриевых стендов менее надёжна, так как имеет фланцевые разъёмы, сальниковые уплотнения вращающихся валов. Особую опасность представляют участки натриевого контура, где происходит сопряжение натриевого контура и вспомогательного. Как правило, натриевый контур имеет слой теплоизоляции, при попадании на который масла или другой органической жидкости возникает очаг пожара. Тушение слоя теплоизоляции или питающего кабеля затруднено, так как они находятся в защитном кожухе, а применение других средств тушения, кроме порошковых (углекислота, пена), нежелательно, т.к. приводит к большим термоударам. Поэтому в качестве циркуляторов целесообразно применение электромагнитных насосов с теплостойкой электроизоляцией. В качестве исключения возможных очагов возгораний рекомендуется применять воздушные холодильники вместо жидкостных. Питающие и контрольные кабели должны располагаться вне ограждения стенда, где исключается попадание на него излившегося натрия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Турчин Н.М., Дробышев А.В. Экспериментальные жидкометаллические стенды. М.: Атомиздат, 1978.
2. Forster K. et al. Treatment of sodium spills and leakage detection at loop-tube fast reactors. In: IAEA specialists meeting on sodium fires and prevention, Cadarache, France, November 20-24, 1978.
3. J.C.Malet, AJEA-Specialists Meeting on sodium Fires and Prevention, Cadarache, November 20-24, 1978, p. 181.