



XA0201159

- 183 -

ИЗУЧЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛОКАЛИЗАЦИИ ГОРЕНИЯ НАТРИЯ
ПУТЕМ ДРЕНИРОВАНИЯ ЕГО В СПЕЦИАЛЬНЫЕ ЕМКОСТИ

Кобзарь И.Г., Бочарин П.П., Кушук В.А.

СССР

Совещание специалистов МАГАТЭ

"Натриевые пожары"

1988 г.

А Н Н О Т А Ц И Я

Приведены результаты экспериментальных исследований и их сопоставление с расчетом при локализации горения натрия и его дренировании в сливные емкости. Изучено влияние углов наклона пола помещения на количество сгорающего теплоносителя после пролива. Уточнены условия тепломассообмена при течении разогретого натрия в сливной трубе, обеспечивающие его "незамерзание". Сформулированы требования к конструктивным узлам системы тушения.

В В Е Д Е Н И Е

При обеспечении противопожарной защиты на установках, использующих в своей технологии расплавленный натрий, наиболее распространенным является применение комбинированных способов тушения - порошковых, газовых или жидкостных огне-тушащих средств в сочетании с пассивными средствами локализации и подавления горения натрия. К пассивным средствам относят использование сливных емкостей, специальных двойных полов, поддонов различной конструкции.

В настоящей работе представлены результаты экспериментальных исследований эффективности системы пожаротушения, использующей слив натрия из аварийного помещения в специальную емкость. Такая система локализации и подавления горения натрия предусмотрена на установках с быстрыми реакторами.

1. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Эксперименты проводили на модели, выполненной в масштабе 1 : 30 (рис. 1) и в помещении объемом 400 м³, предназначенном для отмывки технологического оборудования от остатков натрия. Герметичная емкость 1 объемом 50 м³ имитирует производственное помещение.

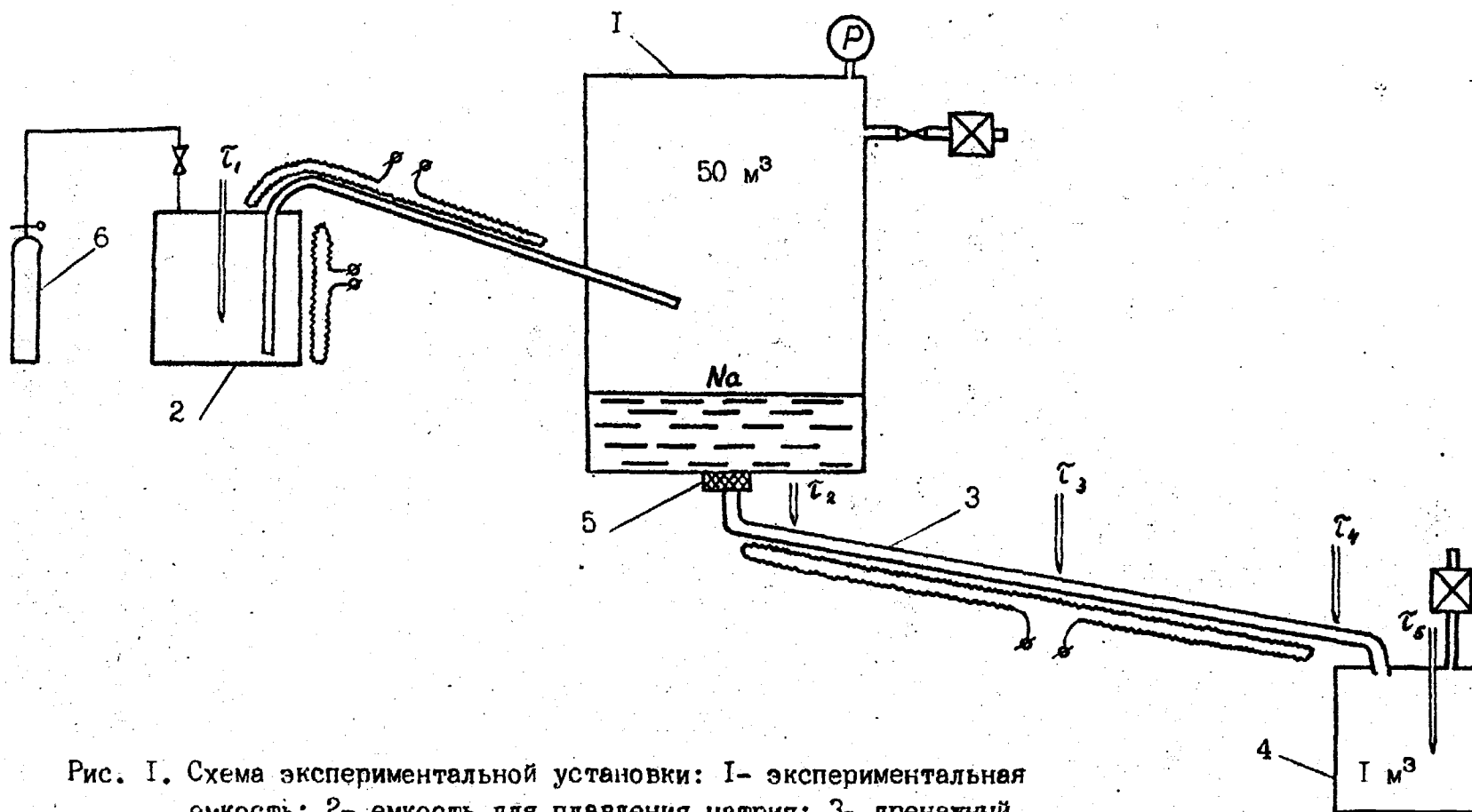


Рис. I. Схема экспериментальной установки: I- экспериментальная емкость; 2- емкость для плавления натрия; 3- дренажный трубопровод; 4- сливная емкость; 5- затвор-мембрана; 6- азотная рампа; τ_1 - τ_5 -термопары

Она снабжена устройством для отбора проб аэрозолей натрия и манометром для измерения давления. В полу емкости предусмотрено дренажное отверстие с посадочным гнездом для испытания легкоплавких затвор-мембран 5. Имитацию аварии в экспериментальной емкости осуществляли путем выдавливания расплавленного натрия из емкости 2. Масса натрия в экспериментах составляла 480-630 кг. Дренаж натрия из емкости I в сливную емкость 4 происходил самотеком после расплавления затвор-мембраны. Объем сливной емкости 4 позволял вместить всю массу пролитого в экспериментальную емкость натрия. Для сброса избыточного давления сливная емкость снабжена устройством с фильтром для улавливания аэрозолей натрия.

Измерение времени расплавления затвор-мембраны и скорости движения фронта натрия по дренажному трубопроводу (\varnothing 48 мм, 12 м) проводили с помощью электронных секундомеров (по замыканию цепи тока натрием). В этих же точках дренажного трубопровода измеряли температуру протекающего натрия.

Все опыты проводили при температуре окружающей среды (22-26) °С.

II. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

При проливе натрия с температурой 730-820 К в экспериментальной емкости в первый момент быстро возросло давление. Например, при массовом расходе натрия около 13 т/ч максимальное значение давления в экспериментальной емкости достигало 70 кПа. Через 8-10 с происходило расплавление затвор-мембраны и ее прорыв. Давление в экспериментальной емкости постепенно снижалось и после полного дренирования натрия равнялось атмосферному.

На рис. 2 приведена кривая изменения температуры натрия в трех точках дренажного трубопровода. Видно, что только на длине 12 м наблюдается кратковременное замерзание переднего фронта натрия. Теплофизические расчеты, проведенные на основании этих опытов, показывают, что для используемых на реакторе дренажных трубопроводов ($\varnothing = 100-300$ мм) замерзание натрия может происходить на некоторой длине трубопровода в зависимости от теплофизических свойств трубы и условий теплообмена.

Максимальное значение концентрации аэрозолей продуктов горения натрия в экспериментальной емкости не превышало 12 мг Na/л. Состав аэрозолей был следующий: Na_2O - 69 %, Na_2O_2 - 23 %, $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{NaHCO}_3$ - 8 %.

В экспериментах испытаны затвор-мембраны толщиной 8 мм с температурой плавления 140-190 °С (табл. I). Установлено, что основными заметно изменяющимися параметрами являлись: время плавления затвор-мембраны; давление, возникающее в экспериментальной емкости. С увеличением температуры плавления затвор-мембраны при прочих равных условиях опытов в экспериментальной емкости возрастало давление. Это обусловлено более длительным временем горения и интенсивным нагревом воздуха от поступившего натрия. В реальных условиях аварий на промышленной установке возможны более высокие избыточные давления, что может привести к разгерметизации аварийного помещения и утечке в смежные помещения аэрозолей продуктов горения натрия. Поэтому предпочтительно использовать затвор-мембраны с низкой температурой плавления (140-160) °С.

После дренирования натрия в сливную емкость радиационная и токсикологическая обстановка в аварийном помещении в основном будет определяться количеством оставшегося на полу натрия.

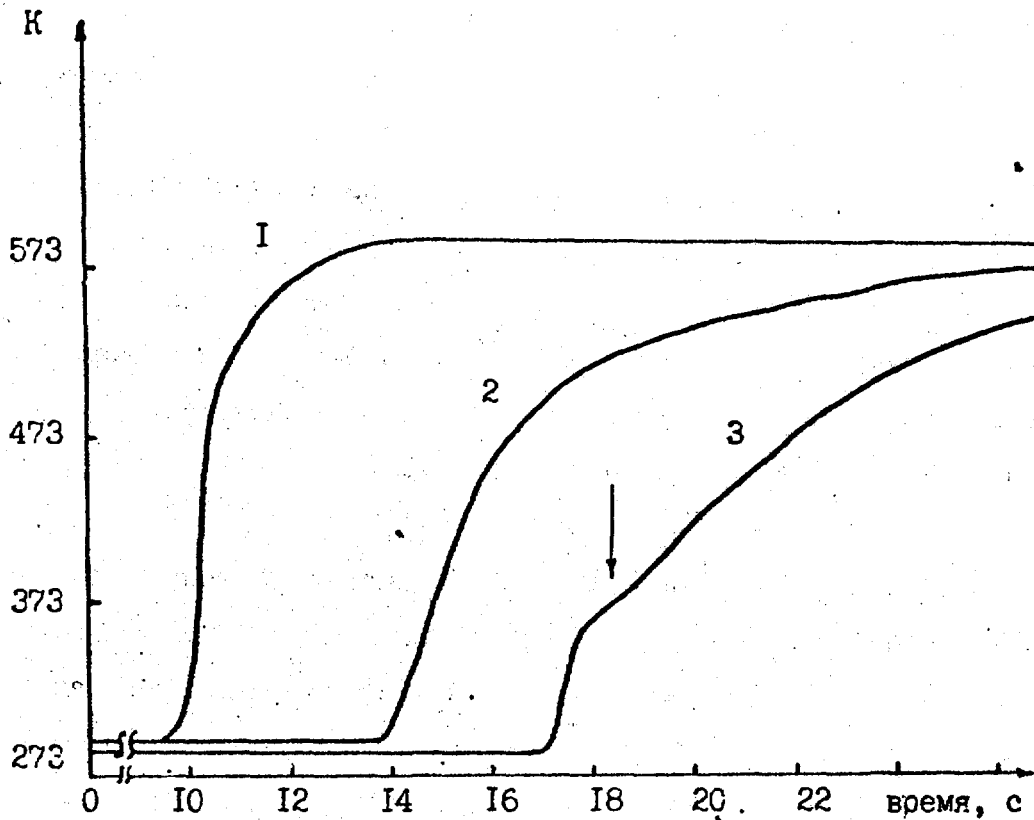


Рис. 2. Изменение температуры на различных участках дренажной трубы $\varnothing 48\text{мм}$ в зависимости от времени при проливе натрия с температурой 620 К, затвор-мембрана с $t_{пл} = 433\text{ К}$ (стрелкой показано кратковременное замерзание переднего фронта натрия): 1- в начале трубы; 2- на расстоянии 5,2м от начала трубы; 3- на конце трубы (12м)

Таблица I

Время расплавления затвор-мембраны в зависимости от ее компонентного состава при подаче на нее натрия с температурой 520-550°C

Температура плавления сплава, °C	Состав сплава затвор-мембраны, %			Измеренное время расплавления затвор-мембраны, с	Макс.давление в экспериментальной емкости, $\times 10^4$ Па
	Sn	Pb	Bi		
140	20	70	10	7,8	5,5
160	14	60	26	9	6
170	14	61	25	-	7
190	14	66	20	10	8

Эксперименты (табл. 2) показывают, что в зависимости от уклона пола помещения масса остающегося на его поверхности натрия будет различной. Наибольшее количество натрия остается на полу с уклоном менее 5° . В экспериментальной емкости, например, при уклоне пола $i = 0,102$ ($\sim 5,8^\circ$) в виде продуктов сгорания на полу осталось около 5 кг натрия. С учетом отложений на боковой поверхности емкости (0,6 кг натрия) и аэрозольной фазы (0,9 кг натрия) общее количество сгоревшего натрия составило около 1 % от общей массы натрия.

На промышленной установке, из-за неровностей пола и наличия различных задерживающих конструкций, масса отложений на полу аварийного помещения при тех же условиях может быть примерно в два раза больше.

Исходя из экспериментальных данных для помещений с натриевыми системами можно рекомендовать величину уклона пола не менее $5-7^\circ$. Такой уклон пола является безопасным для персонала при ремонтных работах, а остаточное загрязнение его натрием и продуктами сгорания в случае аварии не будет превышать $1,5 \text{ кг Na/m}^2$.

Результаты опытов по изучению влияния уклона дренажной трубы на скорость слива натрия из экспериментальной емкости представлены в табл. 3. Данные показывают, что изменение уклона дренажной трубы не оказывает существенного влияния на скорость дренирования натрия. С уменьшением уклона трубы наблюдается только некоторое увеличение массы отложений на ее внутренних поверхностях.

Результаты изучения влияния газа-наполнителя сливной емкости и дренажной трубы на состав и количество образующихся в них аэрозолей продуктов горения натрия представлены в табл. 4.

Таблица 2

Масса и состав продуктов сгорания натрия на поверхности пола в зависимости от его уклона

Уклон пола	Толщина слоя окислов, см	Содержание натрия в окислах, мг/см ²
$i = 0,001 (0,05^\circ)$	1-1,3	120,1
$i = 0,038 (\sim 2,2^\circ)$	0,6-0,8	95,6
$i = 0,102 (\sim 5,8^\circ)$	0,4-0,5	63,1
$i = 0,259 (\sim 14,5^\circ)$	0,2-0,3	16,6

При заполнении сливной емкости и дренажной трубы воздухом аэрозоли более чем на 70 % состояли из окиси и паров натрия. Доля паров натрия в общей массе аэрозолей не превышала 10 %. В случае заполнения сливной емкости и дренажной трубы аргоном на долю паров натрия приходилось около 80 % от общей массы аэрозолей. Общая концентрация аэрозолей в сливной емкости при заполнении ее воздухом достигала 3,2 мг Na/л, аргоном - 0,65 мг Na/л.

Таким образом, результаты экспериментов показывают, что при заполнении дренажной трубы и сливной емкости воздухом общая масса выброса аэрозолей была только в 5 раз больше, чем при заполнении аргоном. Поэтому, если учесть трудности с герметизацией и необходимость периодической подпитки аргоном, систему слива (дренажный трубопровод и сливную емкость) возможно держать заполненной воздухом, снабдив ее надежным устройством для сброса давления и фильтрации аэрозолей.

Таблица 3

Влияние уклона дренажной трубы на скорость дренирования и массу натрия, остающегося на внутренней поверхности трубы

Уклон дренажной трубы	Скорость дренирования, м/с	Масса отложений в трубе, мг Na/cm ²
$i = 0,016$ ($\sim 1^\circ$)	3,8	24
$i = 0,1$ ($\sim 6^\circ$)	3,8	10,5
$i = 0,33$ ($\sim 18,3^\circ$)	3,9	8,1

Таблица 4

Состав аэрозолей натрия (%), образующихся в сливной емкости во время экспериментов с различными газами-наполнителями

Компоненты	Газ - наполнитель	
	воздух	аргон
$Na_2O + Na$	71,6	95,7
Na_2O_2	26,5	3
$Na_2CO_3 + NaHCO_3$	1,9	1,3
Сумма	100	100

III. ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

На основании результатов исследований можно сделать вывод о том, что слив натрия из технологического помещения в специальную емкость является достаточно эффективным способом локализации и подавления его горения. Проектирование такой системы пожаротушения натрия целесообразно для установок, где возможны протечки натрия в несколько десятков тонн и более.

Основные требования к проектируемым системам сливного пожаротушения сводятся к следующему:

1. Затвор-мембрана должна иметь температуру плавления не более $140-160^{\circ}\text{C}$. Для ее изготовления можно использовать сплав висмута, олова и свинца в соотношении 10:20:70.

2. Уклон пола технологического помещения с натриевыми системами должен составлять не менее $5-7^{\circ}$.

3. Уклон дренажного трубопровода должен быть не менее 1° . Размеры дренажного трубопровода (длина и диаметр) выбирают исходя из конструктивных соображений и ожидаемой массы натрия.

4. Теплоизоляция и обогрев дренажного трубопровода не требуются, если это подтверждает тепловой расчет.

5. Сливная емкость должна быть обеспечена надежным устройством для сброса избыточного давления и очистки отходящих газов от паров и продуктов сгорания натрия и его примесей.

6. В качестве газа-наполнителя технологического помещения, дренажного трубопровода и сливной емкости можно использовать воздух.