

## ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРОДИНАМИКИ И ДИСПЕРСНОЙ СТРУКТУРЫ ФАКЕЛА РАСПЫЛА ФОРСУНКИ ЖИДКОГО НАТРИЯ И МЕХАНИЗМА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ НАТРИЯ С КИСЛОРОДОМ ВОЗДУХА

Артемьев С.Р., Попов Н.И., Шапорев В.П.

*Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»  
61002, Харьков, ул. Фрунзе, 21*

This paper conduct the investigation a dot the structure torches centres forces and spreading arrangement, foundation this effect a movement stream for assistance the optical methods. This investigations conduct on the cold and worms models, the establish mechanism be on fires and be formed this sodium combination in system – “the drops of sodium – dry airs”.

Процесс горения металлического натрия широко используется во многих технологических процессах, например, при получении окиси натрия ( $\text{Na}_2\text{O}$ ), перекиси натрия ( $\text{Na}_2\text{O}_2$ ), при уничтожении отходов производства металлического натрия и др.

Принципиальная схема установки приведена на рисунке 1.

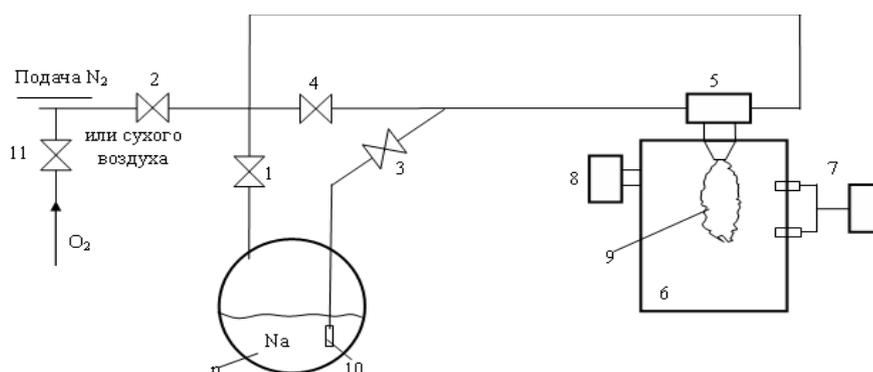


Рис.1. Схема экспериментальной установки

1 – вентиль подачи паров Na; 2 – вентиль подачи сухого  $\text{N}_2$  или воздуха; 3 – вентиль подачи жидкого Na; 4 – регулирующий вентиль; 5 – устройство для распыления; 6 – реакционный сосуд; 7 – лазер ЛГ-38; 8 – пирометр; 9 – факел; 10 – шламовый насос для подачи жидкого натрия; 11 – вентиль для подпитки  $\text{O}_2$ ; 12 – плавильная емкость.

В качестве распыляющих устройств использовались следующие схемы, которые приведены на рис.2.

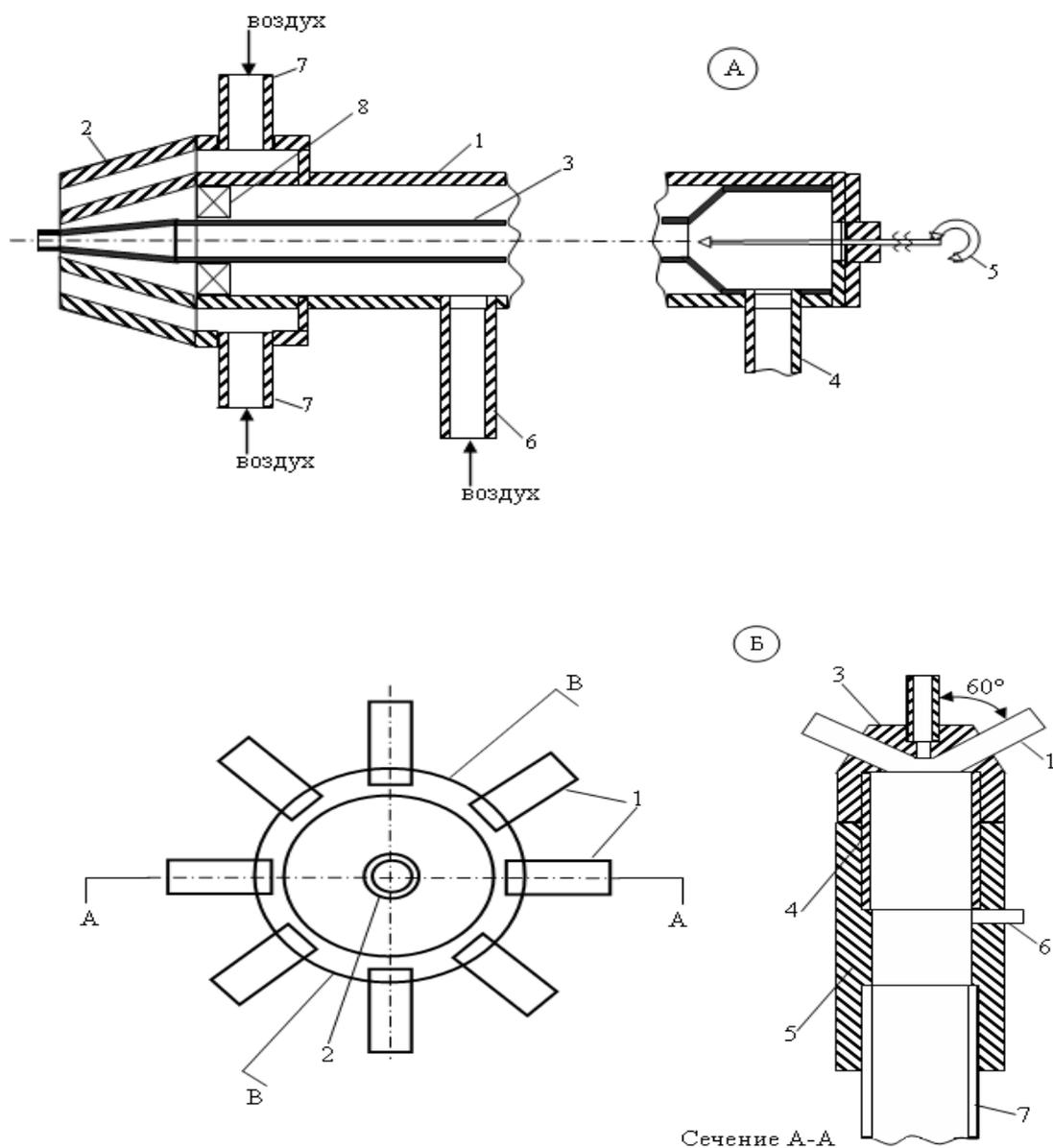


Рис.2. Конструкции распыляющих устройств

А – форсунка турбулентно – вихревая

1 – корпус; 2 – камера для подачи воздуха; 3 – сопло подачи жидкого натрия; 4 – патрубков ввода Na; 5 – устройство для чистки канала; 6,7 – патрубки подачи воздуха; 8 – лопастный завихритель.

Б – реакторная система, основанная на эффекте сталкивающихся струй

1 – отверстия для подачи воздуха (1,4 см); 2 – отверстия для ввода натрия (1,6 см); 3 – реакторная головка; 4 – никелевая вставка; 5 – корпус реактора; 6 – точка измерения давления; 7 – никелевая труба.

Экспериментальное определение гидродинамических характеристик двухфазного потока осуществлялась визуально (кинофотосъемка) и бесконтактным методом – лазер – доплеровским.

Гидродинамические характеристики факела, в первую очередь, определялись на холодных моделях (вода – воздух). Использование холодных моделей обосновывалось тем, что плотность, вязкость Na и его поверхностное натяжение при температуре подачи в реактор близки к таковым для воды ( $\rho_{\text{Na}} = 0,9037 \text{ г/см}^3$ ;  $\rho_{\text{H}_2\text{O}} = \sim 1 \text{ г/см}^3$ ;  $\eta_{\text{Na}} = 0,45 \text{ Сп}$ ;  $\eta_{\text{H}_2\text{O}} = 0,469 \text{ Сп}$ ;  $\sigma_{\text{Na}} = 0,211 \text{ Н/м}$ ;  $\sigma_{\text{H}_2\text{O}} = 0,075 \text{ Н/м}$ ).

Для имитации влияния твердых частиц на гидродинамику в поток воды вводились частицы коалина с диаметром 1–5 мкм. Частицы с такими размерами с высокой точностью следуют за потоком газа. При проведении горячих экспериментов температура в факеле и в объеме реакционного сосуда определялась пирометром (рис.1, поз. 8). Точность определения составляет  $\pm 50^\circ\text{C}$ , массовые расходы реагентов определялись стандартными методами, идентификация компонентов факела проводилась методом высокотемпературной газовой ИК – спектроскопии [8] в диапазоне  $200 - 1000 \text{ см}^{-1}$ . При горячем процессе в качестве реагентов использовались жидкий Na с температурой  $180 - 250^\circ\text{C}$ , который находился под атмосферой  $\text{N}_2$  в емкости 12 (рис.1) и расплав отходов производства Na.

Физико – химические характеристики металлического натрия: содержание Na  $\sim 99\%$ ;  $\eta_{\text{Na}} = 0,45 \text{ Сп}$ ;  $\rho_{\text{Na}} = 0,9037 \text{ г/см}^3$ ;  $\sigma_{\text{Na}} = 0,211 \text{ Н/м}$ .

Физико-химические характеристики отходов производства металлического натрия: содержание Na  $\sim 88 - 90\%$ ; примеси щелочноземельных металлов и их оксидов  $\sim 7 - 8\%$ ; примеси солей щелочных металлов  $\sim 2 - 3\%$ ;  $\rho_{\text{Na от.}} = 0,9840 \text{ г/см}^3$ ,  $\eta_{\text{Na от.}} = 0,695 \text{ Сп}$ ;  $\sigma_{\text{Na от.}} = 0,22 \text{ Н/м}$ .

На рисунке 3 представлены схемы факела распыла посредством распыляющих устройств (рис.2).

Исследуя гидродинамическую картину течения в реакторе по визуализации потоков, установлено, что как с использованием турбулентно – вихревой форсунки, так и с использованием встречных струй для двухфазных систем (вода – воздух) результирующая структура потока была типична для двухфазных расширяющихся струй.

В случае подачи струй трехфазной системы (рис. 3В) картина течения радикально изменяется по сравнению с предыдущими. Чуть ниже по потоку от сопел формируется струйный центральный поток, диаметр которого приблизительно равен от  $1/3$  до  $1/2$  диаметра сопла. Ниже по потоку, как и в предыдущем случае, центральная струя постепенно расширяется и, в конечном итоге, занимает все сечение сосуда.

Ввиду важности флуктуаций, исследования осуществлялись по нестабильностям, которые выявлялись при непрерывном контроле массы твердой фазы, накапливаемой в муфтовом фильтре при отборах проб. Было установлено, что все изменения потоков осуществляются за время, не превышающее 3 сек. При больших временных интервалах поток через каждый пробник был постоянным и не изменялся во времени.

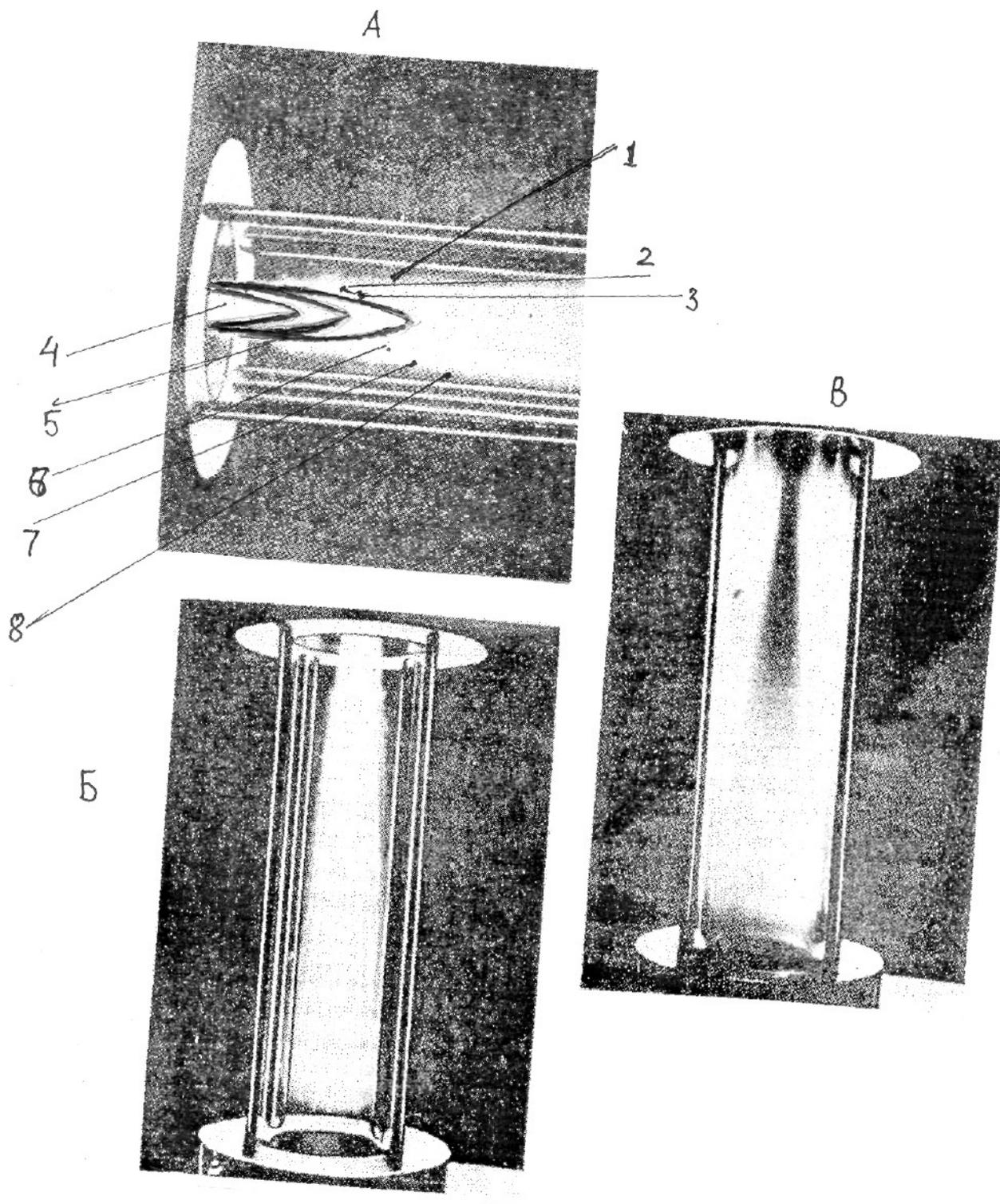


Рисунок 3А – Схема структуры факела распыла при использовании турбулентно – вихревой форсунки

1 – зона интенсивного перемешивания; 2 – внешний пограничный слой;  
3 – внутренний пограничный слой; 4 – ядро; 5 – зона постоянной скорости; 6 – зона высокой скорости; 7 – переходная зона; 8 – граница факела.

Рисунок 3Б – Структура потоков при сталкивающихся струях

Рисунок 3В – Структура потоков при сталкивающихся струях, содержащих твердотельные частицы

В результате проведенных экспериментов были получены следующие результаты:

– исследована тонкая структура факела распыла, полученного с применением различных устройств и оптических методов; установлено, что распыляющие устройства, действия которых основаны на эффекте сталкивающихся струй, позволяют получать более тонкие дисперсии капель в реакционном объеме от 60 до 200 мкм; определено распределение капель по размерам в зависимости от типа устройства, условия их дробления и гидродинамического взаимодействия при их столкновении; определено, что основными величинами, которые влияют на размер капель являются соотношения  $G_T/G_J$  и критерий Вебера ( $W_e$ ).

– установлено, что начальный размер капли является основным фактором, определяющим время горения и количество сгоревшего Na, при этом крупные капли размером более 300 мкм могут сгорать не полностью и оседать на стойках реактора, где горение будет происходить в стекающей пленке Na по известным законам.

– установлено, что капли Na размерами менее 250 мкм сгорают в соответствии с механизмом, который включает испарение Na, после чего протекание реакции с кислородом воздуха в парофазовой среде; реакционная зона при этом располагается на расстоянии примерно 1 – 1,5 мм от поверхности капли.

– на основе термодинамического анализа и экспериментальных данных представлен механизм образования перекисных соединений Na, который учитывает основное взаимодействие между Na и O<sub>2</sub> в паровой фазе.

Литература: 1. Вольнов И.И. Перекиси, надперекиси и озониды щелочных и щелочноземельных металлов/ АН СССР, инст. Общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова., изд. «Наука», М., 1964.

2. Вольнов И.И. Перекисные соединения щелочных металлов.– М., «Наука», 1980. 3. А.Ф. Алабышев Натрий и калий. – М. Химия, 1959. 4. I.Charpenel Sodium Spray fires – Specia – Lists meeting on sodium fires, Caradache, 1978, 24 pp. 5. Ринкевичюс Б.С. Доплеровский метод измерения локальных скоростей с помощью лазеров// Успехи физических наук, 1973, вып.2, с. 305 – 330.