

УДК 614.842.611/615
doi: 10.34987/vestnik.sibpsa.2021.20.1.005

ВЛИЯНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ЧАСТИЦ ТВЁРДОЙ ФАЗЫ В ПЕНЕ НА ТЕРМИЧЕСКУЮ УСТОЙЧИВОСТЬ ПЕНОПОРОШКОВЫХ ОГNETУШАЩИХ СОСТАВОВ

*Кокшаров А.В., к.х.н., доцент; Гайнуллина Е.В., к.т.н., доцент; Кондратьева М.Л., к.х.н.
ФГБОУ ВО Уральский институт ГПС МЧС России*

Аннотация. В работе изучалась термическая устойчивость пены, содержащей порошки оксида кремния, оксида алюминия и талька. Было установлено, что при введении в пену порошка существенно снижается скорость её разрушения в условиях температурного воздействия. Повышению устойчивости пены способствует скопление на её поверхности жидкости и порошка, которые образуются в результате разрушения верхнего слоя пены и экранируют тепловые потоки.

Высокое содержание порошка негативно сказывается на устойчивости пены по причине снижения прочности плёнок. Скопление твёрдой фазы на поверхности приводит к её погружению внутрь пены и разрушению последней.

Ключевые слова: воздушно-механическая пена, комбинированный огнетушащий состав, дисперсность, размер частиц, термическое воздействие, устойчивость пены, синерезис.

INFLUENCE OF THE CONTENT OF SOLID PHASE PARTICLES IN FOAM ON THE FOAM-POWDER EXTINGUISHING COMPOSITIONS. THERMAL STABILITY

*Koksharov A.V., Ph. D. of of chemical Sciences, Docent;
Gaynullina E.V., Ph. D. of technical Sciences, Docent; Kondratieva M.L., Ph. D. of of chemical Sciences
Ural Institute of State Fire Service of EMERCOM of Russia*

Abstract. The thermal stability of foam containing silicon oxide, aluminum oxide, and talc powders was studied in this paper. It was found that introducing the powder into the foam significantly decreases its destruction rate under temperature conditions. Increasing the foam stability contributes to the accumulation of liquid and powder on its surface, which are formed as a result of the upper foam layer destruction and shield heat flows.

A high powder content negatively affects the foam stability to a decrease in the strength of the films. The solid phase accumulation on the surface leads to its immersion inside and to the foam destruction.

Key words: air-mechanical foam, combined extinguishing agent, dispersion, particle size, thermal effect, foam stability, syneresis.

Основное огнетушащее действие пены заключается в создании непроницаемого слоя между горючим веществом и окислителем. Чем дольше разрушается пена, тем дольше будет сохраняться данный барьер, что способствует накоплению и продвижению пены по поверхности горячего материала.

Существенное влияние на скорость разрушения пены в условиях температурного воздействия оказывает синерезис. Низкая скорость проникновения жидкости внутрь пены, выделившейся при разрушении её верхних слоёв, приводит к скоплению данной жидкости на поверхности пены и защите её от теплового воздействия [1].

Введение в пену твёрдых частиц приводит к закупориванию пенных каналов и снижению скорости истечения жидкой фазы [2; 3; 4]. Следовательно, можно ожидать повышения устойчивости пены в условиях

температурного поля, поэтому целью работы стало исследование термической устойчивости пены, содержащей твёрдую фазу.

В качестве твёрдой фазы использовались порошки оксидов кремния и алюминия, а также тальк. При сравнении размеров частиц под микроскопом было установлено, что наиболее крупными являются частицы оксида кремния, наименьший размер у частиц талька. Термическую устойчивость пены изучали на установке, описанной в [1]. В качестве объекта сравнения использовалась пена, не содержащая твердый наполнитель. Пену кратностью 20 получали механическим взбиванием раствора, в который предварительно была внесена необходимая навеска порошка.

Как показали результаты исследований, устойчивость пены к тепловому воздействию повысилась при добавлении талька и оксида кремния. Причём увеличение содержания порошка до 10 г/100 мл раствора приводит к увеличению термической устойчивости, после же наблюдается её снижение по сравнению с контрольным образцом пены без добавления порошка (табл. 1, 2).

Предположительно снижение термической устойчивости пены с увеличением в ней количества твёрдой фазы может происходить в результате того, что частицы порошка создают неоднородность структуры, которая приводит к появлению местных разрывов [5], что само по себе уже снижает устойчивость пены.

Таблица 1. Зависимость времени разрушения слоя пены (с) от массы талька

Высота слоя пены, см	Масса порошка (г) на 100 мл раствора				
	0	5	10	20	40
13	0	0	0	0	0
12	5	10	14	14	17
10	16	22	28	30	31
8	27	33	42	42	40
6	40	42	56	53	47
4	51	52	70	67	56
2	59	61	90	81	71

Таблица 2. Зависимость времени разрушения слоя пены (с) от массы оксида кремния

Высота слоя пены, см	Масса порошка (г) на 100 мл раствора			
	0	5	10	20
13	0	0	0	0
12	5	15	19	22
10	16	30	51	50
8	27	56	94	101
6	40	91	139	140
4	51	119	177	169
2	59	145	213	197

В целом повышение устойчивости пены в результате введения порошка объясняется тем, что частицы порошка замедляют синерезис, в результате выделяющаяся при разрушении верхних слоёв влага не может быстро пройти по пенным каналам и скапливается в верхней части, защищая нижние слои от прогрева.

Оксид кремния по сравнению с тальком сильнее повышает термическую устойчивость пены (табл. 1, 2). Более крупные частицы оксида кремния застревают в пенных каналах и не могут перемещаться вместе с жидкой фазой. В результате на поверхности пены появляется слой оксида кремния, который экранирует тепловой поток от пламени (рис. 1), что приводит к более медленному разрушению пены. При использовании талька скопления его на поверхности не наблюдалось.



Рис 1. Появление на поверхности пены слоя оксида кремния

Анализ данных, представленных в графической форме в виде зависимости высоты слоя пены от времени (рисунки 2, 3), позволил выявить некоторые закономерности, которые согласуются с теорией [2-5] влияния твёрдой фазы на устойчивость пенных структур.

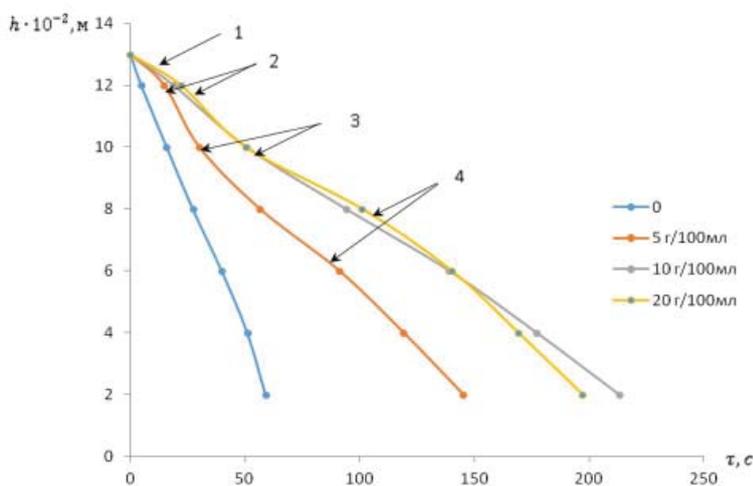


Рис. 2 Изменение высоты столба пены h (м) во времени при термическом воздействии на неё пламени газовой горелки в зависимости от содержания в ней оксида кремния (в г/100мл)

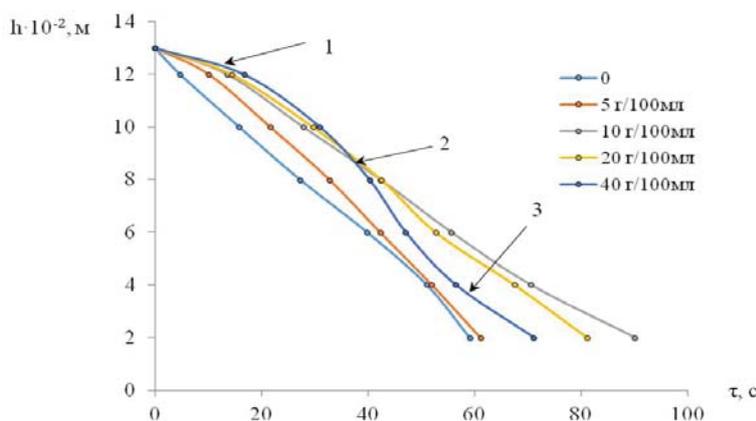


Рис. 3. Изменение высоты столба пены h (м) во времени при термическом воздействии на неё пламени газовой горелки в зависимости от содержания в ней талька (в г/100мл)

На представленных графиках (рис. 2 и 3) можно выделить несколько областей:

1. Стабилизация пены за счет обогащения верхних её слоёв жидкостью вследствие низкого синерезиса.
2. Снижение устойчивости пены при обогащении плёнок частицами порошка, вызывающее соответствующее снижение их прочности.

3. Образование защитного слоя из твёрдой фазы.
4. Появление участков с высокой плотностью твердой фазы и погружение их в пену по причине большей плотности, что приводит к снижению её термической устойчивости (рис. 4).



Рис. 4. Появление провалов в пене

Проявление перечисленных эффектов наблюдается сильнее с увеличением содержания твёрдой фазы, что и объясняет снижение устойчивости пены с высоким содержанием порошка.

Использование в качестве добавки оксида алюминия привело к увеличению скорости термического разрушения пены. Предположительно данная добавка обладает незначительными пеногасящими свойствами (табл. 3), что может быть связано с гораздо более высокой теплопроводностью и теплоемкостью оксида алюминия по сравнению с оксидом кремния и тальком.

Таблица 3. Зависимость времени разрушения пены (с) от массы добавки Al_2O_3

Высота слоя пены, см	Масса порошка (г) на 100 мл раствора				
	0	5	10	20	40
13	0	0	0	0	0
12	5	4	3	6	7
10	16	11	11	17	16
8	27	23	21	28	26
6	40	31	28	35	35
4	51	36	37	44	45
2	59	41	43	53	56

Таким образом, в работе изучены закономерности разрушения пенопорошковых составов в условиях температурного воздействия. Показано, что введение в пену твёрдых частиц повышает её термическую устойчивость. Однако высокое содержание твёрдой фазы приводит к увеличению скорости разрушения пены.

Литература

1. Кокшаров А.В., Осипенко С.И., Гайнуллина Е.В. Исследование термической устойчивости пены различной кратности // Пожаровзрывобезопасность/Fire and Explosion Safety. 2020. Т. 29. № 3. С. 103–110. DOI: 10.18322/PVB.2020.29.03.103-110.
2. Меркин, А.П. Научные и практические основы улучшения структуры и свойств поризованных бетонов [Текст]: дисс. докт. техн. наук. М., 1971. 270 с.
3. Сидоренко Ю.В. О подходах к задаче математического моделирования процессов структурообразования пенобетонов // Моделирование. Теория, методы и средства: Материалы 5-й Международной научно-практической конференции, Новочеркасск, ЮРГТУ (НПИ). – 2005. – Ч.1. – с. 33-39.
4. Феклистов, В.Н. К оценке формирования пенобетонной структуры различной плотности // Строительные материалы. – 2002. – №10. – С.16.
5. Яковлев А.А., Турицына М.В., Кузнецов А.С. Исследование влияния различных реагентов на разрушение пен и предупреждение пенообразования у буровых растворов // Вестник ПНИПУ. Геология. Нефтегазовое и горное дело. – 2015 – № 15. – С 48-56.