

УДК: 544.774.2

В.Н. Лысаков, С.Г. Седунов, К.А. Тараскин, М.П. Ступникова*ФГУП "Научно-исследовательский институт прикладной акустики"; г. Дубна,
Московская область, ул. 9 Мая, д. 7А; kant1958@yandex.ru***МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ И ИССЛЕДОВАНИЯ СВОЙСТВ ПЕННЫХ
СОСТАВОВ, ПЕРСПЕКТИВНЫХ ДЛЯ СОЗДАНИЯ
ЗВУКОИЗОЛЯЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ***Получена 8 августа 2008 года**Опубликована 11 августа 2008 года*

02.00.11 – Коллоидная химия и физико-химическая механика

Предложены методики получения и изучения свойств пен, создаваемых на основе товарных пенообразующих средств. Установлено, что свойства образующихся пен могут быть определены путем измерения величин кратности и времени разрушения полученных структур. Увеличение концентрации пенообразующего средства с 1,0 до 5,0 массовых процента в исходном растворе, не приводит к пропорциональному увеличению устойчивости пен, обеспечивая, в отдельных случаях, лишь незначительное возрастание объема пены, но понижает при этом, существенным образом, их кратность. Исследовано влияние структурирующих добавок, повышающих вязкость композиций, на стабильность получаемых пен: внесение глицерина и этиленгликоля в количестве 1,0 % массового к пенообразующему составу, позволяет в значительной степени улучшить характеристики пены.

Ключевые слова: пенообразующий состав, свойства пен, кратность, объем, разрушение структур, устойчивость.

ВВЕДЕНИЕ

Пены находят все более широкое применение во многих областях. Перспективным направлением является применение пен с твёрдыми тонкими стенками (аэрогелей), в частности для изготовления звукоизоляционных материалов [1]. Необходимым условием для получения аэрогелей служит создание пенных систем с определенными характеристиками структурно-механического фактора, которые характеризуются высокими показателями кратности и устойчивости пены. При этом определяющее значение имеет устойчивость пенных каркасов. Таким образом, приоритетным в этом направлении [2] является изучение пенообразующей способности растворов поверхностно-активных веществ (ПАВ), структурно-механического фактора, кратности пен и использования стабилизаторов.

Методы получения, стабильность и свойства пенных составов изучались многими отечественными и зарубежными исследователями [3]. Выдвинуто несколько теорий, объясняющих устойчивость пен. Однако эти теории не исключают, а скорее дополняют друг друга, рассматривая процесс стабилизации пен в различных условиях. Поскольку вряд ли правомерно пытаться объяснить устойчивость пенных каркасов в рамках существующих теорий, до настоящего времени достаточно актуальны прикладные исследования в области пенообразования.

Настоящая работа проводилась с целью разработки методов получения и исследования пенообразующей способности различных составов, а также изучения свойств пен, перспективных для создания звукопоглощающих покрытий.

ОБОСНОВАНИЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

В соответствии с современными теоретическими представлениями [4], пены по своей природе близки к концентрированным эмульсиям, но дисперсной фазой в них является газ, а не жидкость. Как правило, пены получают из растворов ПАВ. Газовые пузырьки в пенах разделены тончайшими плёнками, образующими в своей совокупности пленочный каркас, который и служит их основой [5]. Такой пленочный каркас образуется, если объем газа составляет 80...90% от общего объема, занимаемого пеннообразной структурой. Пузырьки плотно прилегают друг к другу, их разделяет только тонкая плёнка раствора пенообразователя. В процессе формирования пенной структуры, пузырьки деформируются и приобретают форму пентаэдров. Обычно пузырьки располагаются в объеме пены таким образом, что пленки между ними соединяются как это показано на рисунке 1: в каждом ребре многогранника сходятся три пленки, углы между которыми равны 120° . Места стыка пленок (ребра многогранника)

характеризуются утолщениями; эти утолщения называют каналами Плато-Гиббса, образующими в поперечном сечении треугольник [3]. Четыре канала Плато-Гиббса сходятся в одной точке, образуя по всей пене одинаковые углы, равные $109^{\circ} 28'$ [5].

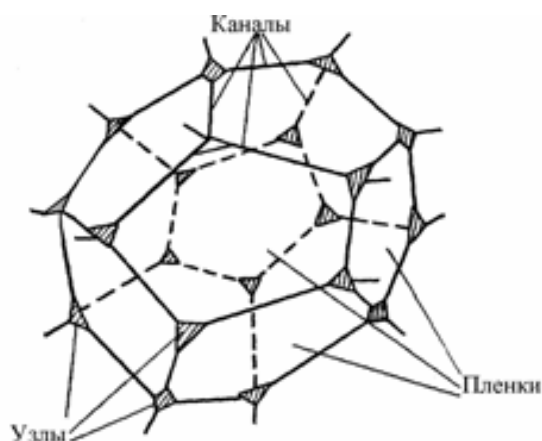


Рисунок 1. Схема фрагмента высокократной пены

Чистые жидкости не способны образовывать сколько-нибудь устойчивую пену. Для получения устойчивых пенных каркасов в жидкой фазе кроме растворителя должен находиться, по крайней мере, один поверхностно-активный компонент – пенообразователь, адсорбирующийся на межфазной поверхности «раствор – воздух». По способности давать устойчивые пены пенообразователи делятся на два типа [5]:

1. Пенообразователи первого рода. Это соединения (низшие спирты, кислоты, анилин, крезолы), которые в объеме раствора и в адсорбционном слое находятся в молекулярно-дисперсном состоянии. Пены из растворов пенообразователей первого рода быстро распадаются по мере истечения междупленочной жидкости. Стабильность пен увеличивается с повышением концентрации пенообразователя, достигая максимального значения до насыщения адсорбционного слоя, и затем снижается почти до нуля.

2. Пенообразователи второго рода (мыла, синтетические ПАВ) образуют в воде коллоидные системы, пены из которых обладают высокой устойчивостью. Истечение междупеночной жидкости в таких метастабильных пенах в определенный момент прекращается, а пенный каркас стабилизируется и может сохраняться длительное время при отсутствии разрушающего действия внешних факторов (вибрация, испарение, воздействие пыли и другие). Такие системы обладают потенциальным энергетическим барьером, противодействующим разрушению и обеспечивающим соблюдение состояния равновесия.

Стабилизация пленок пенообразователями обусловлена следующими факторами [6]: кинетическим действием, сводящимся к замедлению утончения пленки, повышением структурно-механических свойств адсорбционно-сольватных слоев, а также термодинамическим фактором (расклинивающим давлением).

Устойчивость пен зависит [6, 7] от ряда факторов, в том числе от прочности их пленочного каркаса. Если объем газовой фазы невелик и пленки между пузырьками толстые, то такой пенный каркас неустойчив и очень быстро разрушается. Если пленки образованы чистыми низкомолекулярными жидкостями, то их прочность очень невелика. Возможность получения устойчивых пен полностью определяется свойствами адсорбционных слоев, вязкостью и прочностью пленок жидкости, образующих стенки газовых пузырьков. Хорошими стабилизаторами пен (пенообразователями) являются белки, мыла, синтетические ПАВ и водорастворимые синтетические полимеры [7]. При адсорбции на поверхности пузырьков газа углеводородные радикалы молекул ПАВ располагаются в газовой фазе [8], которая, в отличие от жидкой неполярной среды в эмульсиях, не воздействует на

межмолекулярные связи между углеводородными цепями и не препятствует их структурообразованию. Поэтому в пенах все перечисленные виды стабилизаторов могут образовывать прочные и в то же время эластичные поверхностные слои, что придает структурно-механическому фактору определяющее значение в устойчивости пен. Устойчивость пен следует рассматривать в трех аспектах [8]: устойчивость к вытеканию жидкости (синерезису), изменение дисперсного состава и уменьшение общего объема пены.

Экспериментально установлено [9], что в течение некоторого времени после образования пены, она находится в гидростатически равновесном состоянии и истечения жидкости не происходит. Эта стадия характеризуется перераспределением жидкости между отдельными элементами пены. Нарушение гидростатического равновесия, связанное с перераспределением жидкости в пене, приводит к истечению жидкости из пены, которое вызывает изменение ее кратности по высоте столба. Кратность пены рассчитывают как частное от деления объема пены, находящейся в мерной емкости, на объем содержащегося в ней раствора пенообразователя, численно равного массе пены, находящейся в емкости [5, 7]:

$$L = V_n / V_g, \quad (1)$$

где L – кратность пены;

V_n – объем пены;

V_g – объем жидкой фракции.

Определенную роль в повышении устойчивости пен может играть и вязкость междупеночной жидкости. Это обусловлено тем, что с ростом вязкости замедляется скорость процесса истечения. Предположение о зависимости пенообразующей способности от вязкости раствора впервые

высказал Ж. Плато [10]. Однако в настоящее время общепризнанно [11], что поверхностная вязкость не может являться определяющим фактором стабильности пен, хотя установлена корреляция между этими свойствами. Показано, что вязкость адсорбционного слоя и пленки в целом резко повышается при добавлении в раствор ПАВ незначительных количеств стабилизатора, например жирного спирта; причем повышение вязкости имеет место при определенном мольном соотношении пенообразователя и стабилизатора пены. По-видимому, до достижения необходимого соотношения, стабилизатор сольбилизируется в мицеллах ПАВ, и его концентрация в адсорбционном слое недостаточна для образования высоковязких слоев.

Пена, как и любая дисперсная система, является агрегативно неустойчивой. Нестабильность пены объясняется наличием избытка поверхностной энергии, пропорциональной поверхности раздела фаз «жидкость–газ». Известно, что замкнутая система, обладающая избытком внутренней энергии, находится в неустойчивом равновесии [12], поэтому энергия такой системы всегда уменьшается. Этот процесс протекает до момента достижения минимального значения энергии, при котором в системе наступает равновесие. Если система состоит из различных фаз, например, жидкости и газа, как это имеет место в пенах, то минимальное значение внутренней энергии, а значит, и поверхности раздела фаз, будет достигнуто тогда, когда вся пена превратится в жидкость и газ. Разрушение пены происходит в результате протекания следующих процессов [5]:

- истечения жидкости из пенных пленок и каналов;
- диффузии газа через пленки из мелких пузырьков в крупные;
- разрыва пленок между ячейками пены.

Преобладание того или иного механизма разрушения пенных каркасов зависит от многих факторов. Например, в пенах высокой кратности (сухих) истечения жидкости не происходит. Наоборот, они способны капиллярно впитывать жидкость [7, 13]. В таких пенах, а также пенах средней кратности с высокой вязкостью пленок, процесс синерезиса затруднен, поэтому их разрушение обусловлено диффузией газа через пленки. Пены низкой кратности и средней кратности с невысокой вязкостью, разрушаются в результате вытекания жидкой фазы из пленок, которые за счет этого утончаются. Дальнейшее разрушение происходит в результате диффузии и разрыва пленок. Истечение жидкости из пен происходит по каналам Плато-Гиббса под действием сил тяжести и капиллярных сил всасывания [10]. В пенных каркасах и в вертикальных свободных пленках эти силы действуют одновременно. В горизонтальных свободных пленках влияние гравитационных сил отсутствует и процессы утончения и разрушения таких пленок происходят под действием только капиллярных сил.

Добавки, увеличивающие устойчивость пен, можно разделить на следующие основные группы [14]:

- загущающего действия, повышающие вязкость раствора пенообразователя, благодаря чему уменьшается скорость обезвоживания пены;
- расходующиеся на построение адсорбционных слоёв;
- образующие в растворе структуры, элементы которых переходят в плёнки пен, препятствуя их обезвоживанию;
- избирательного действия, повышающие устойчивость пены на определённой границе раздела фаз.

Предполагается [15], что хорошим стабилизирующим действием обладают высокомолекулярные структуры, образующие на поверхности

частиц пены достаточно плотный адсорбционный слой за счёт совокупного действия различных стабилизирующих факторов. Влияние природы полимера на стабилизацию в значительной мере определяется структурой образующихся на поверхности адсорбционных слоёв [16], которая зависит от разнотипных взаимодействий в сложной полимерсодержащей системе: полимер–поверхность, полимер–растворитель, полимер–полимер и поверхность–растворитель. В качестве стабилизирующих добавок могут быть использованы [6] следующие вещества: поливиниловый спирт, карбоксиметилцеллюлоза, полиакриламид, желатин и некоторые другие высокомолекулярные соединения.

Для решения задач настоящего исследования, особого рассмотрения в качестве загущающей добавки для пеносодержащих звукопоглощающих покрытий заслуживает аэросил – безводный порошок диоксида кремния с высокой удельной поверхностью, получаемый химическим осаждением из газовой фазы. Это обусловлено тем, что монокристаллы кварца являются [17] типичными акустическими материалами для звукопроводов (устройств, работающих на объёмных волнах), акустоэлектронных и акустооптических устройств, использующих явления, возникающие при распространении упругих волн в различных средах (фотоупругость, пьезоэффект, акустоэлектрический эффект и другие).

Таким образом, изучение свойств устойчивых к разрушению пенных каркасов и факторов, влияющих на время их существования, является востребованным в связи с возросшим интересом к использованию дисперсных систем, как в различных областях науки [18-23], так и в прикладных направлениях техники [24-27], в том числе в механике акустических колебаний.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Объектом настоящего исследования являются пены, перспективные в качестве модельных систем для получения в промышленном масштабе пластических масс со звукопоглощающими свойствами [28, 29]. Для проведения экспериментов, в качестве пенообразователей применяли товарные препараты и пенообразующие вещества, приобретаемые в торговой сети.

Для решения задач настоящего исследования была разработана специальная методика ведения экспериментов. Получение пен производили в лабораторных условиях, в химическом стакане объемом 1 литр, при перемешивании раствора пенообразователя заданной концентрации в 300 мл дистиллированной воды. В качестве перемешивающего устройства использовалась механическая мешалка модели 8100, производства ЗАО НПО «Экрос». Скорость вращения механической мешалки задавалась регулирующим блоком БП 8000.

Приготовление пен производили при различных параметрических условиях ведения процесса.

Условие 1. Время перемешивания – 5 минут. Мешалка – двухлопастная, осевая, правильной геометрии, площадью $7,4 \text{ см}^2$, с тремя отверстиями $\text{Ø} 3 \text{ мм}$ в каждой лопасти. Скорость вращения мешалки – 200 оборотов в минуту.

Условие 2. Время перемешивания – 15 минут. Мешалка – двухлопастная, осевая, правильной геометрии, площадью $28,5 \text{ см}^2$, с тремя отверстиями $\text{Ø} 7 \text{ мм}$ в каждой лопасти. Скорость вращения мешалки – 720 оборотов в минуту.

На первой стадии экспериментальных исследований производилась оценка устойчивости пен, образуемых товарными препаратами. В качестве

критерия устойчивости пен использовались две характеристики: объем пены и её кратность. Оценка производилась в реакционном сосуде, после завершения процедуры пенообразования.

Полученные экспериментальные результаты, характеризующие устойчивость пен, образованных пенообразователями, в различных параметрических условиях ведения эксперимента, представлены в таблице 1. Объем пены устанавливался методом геометрического замера. Кратность пены рассчитывалась по формуле 1.

Таблица 1. Результаты измерения объема и кратности пен, образуемых товарными препаратами, в зависимости от условий диспергирования и концентрации пенообразователя

Наименование пенообразователя	Концентрация пенообразователя в растворе, % массовых	Объем пены, мл		Кратность пены	
		условие 1	условие 2	условие 1	условие 2
FAIRY	1	1200	1400	400	467
	3	1350	1650	150	183
	5	1450	1750	97	117
СУЛЬФОНОЛ*	1	1150	1300	383	433
	3	1300	1500	144	167
	5	1380	1550	92	103
ACTIVPROFI	1	1300	1550	433	517
	3	1300	1500	144	167
	5	1450	1700	97	113
HD-REINIGER	1	1400	1600	467	533
	3	1450	1650	161	183
	5	1350	1500	90	100
HI-FOAM	1	1250	1450	417	483
	3	1330	1500	148	167
	5	1450	1680	97	112
DIMER	1	1200	1400	400	467
	3	1350	1500	150	167
	5	1420	1600	95	107
TOP-WASH	1	300	450	100	150
	3	400	550	44	61
	5	460	600	31	40

* - примечание: использовался концентрированный раствор в воде.

На основании данных, представленных в таблице 1, было установлено, что наиболее перспективными пенообразователями среди обследованных средств, являются следующие: «Fairu», сульфол, «Hi-foam», «Hd-reiniger».

На второй стадии экспериментальных исследований измерялась устойчивость пен, нанесенных на различные поверхности, а также проводились измерения параметрических характеристик пенных каркасов, образованных при внесении в пенообразующие составы различных структурирующих добавок. С целью установления параметров устойчивости, пена, полученная в результате механического воздействия на пенообразующий состав, наносилась на ровную поверхность материала однородным слоем, толщиной 2,5 ... 3,0 см. Время нанесения пены на поверхность материала составляло 6,5 ... 7,0 минут.

Для оценки влияния поверхностных свойств материалов на структуру полученных пен, в экспериментах были задействованы два типа поверхностей: ткань хлопчатобумажная (вельветон) и материал нетканый на основе поливинилхлорида. Материал разрезали на образцы размером 200,0 × 200,0 мм (0,04 м²). Подготовленные образцы подвергали визуальному осмотру. Образцы, имеющие изъяны поверхности, отбраковывались. Подготовленные образцы использовали в качестве подложек для нанесения пен.

Оценка полученных результатов экспериментов производилась на основании установления эффективности существования пенного покрытия на поверхности материала. Стойкость нанесенной на поверхность пены характеризовалась ее устойчивостью, которая является пропорционально зависимой величиной от скорости разрушения пены. Временем разрушения пены считался период от окончания процесса нанесения пены до установления факта остаточного содержания пены на поверхности материала

на уровне 20 ... 25 % от ее первоначального объема. Процент остаточного содержания пены на поверхности устанавливался визуально, методом индивидуального наблюдения экспериментатора. Время разрушения пены фиксировалось таймером. Полученные результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2. Время разрушения пен в зависимости от условий эксперимента и используемого пенообразователя

Наименование пенообразователя	Концентрация пенообразователя в растворе, % массовых	Время разрушения пены, минут			
		ткань хлопчатобумажная, вельветон		материал нетканый на основе поливинилхлорида	
		условие 1	условие 2	условие 1	условие 2
TR-12	1	3	8	5	8
	3	5	10	10	10
	5	7	12	12	12
TOP-WASH	1	1	5	1	5
	3	1	7	1	5
	5	2	8	2	8
FAIRY	1	100	130	120	140
	3	110	150	120	150
	5	110	160	130	150
Сульфонол	1	50	60	70	80
	3	50	70	80	90
	5	60	70	90	100
ACTIVPROFI	1	30	30	35	45
	3	30	40	50	60
	5	50	60	70	80
SPRUH EX	1	5	7	5	10
	3	7	7	10	10
	5	7	10	10	15
HD-REINIGER	1	40	65	40	40
	3	50	70	50	60
	5	50	70	55	60
HI-FOAM	1	50	60	60	75
	3	60	70	80	90
	5	60	85	90	100
DIMER	1	40	50	45	60
	3	50	65	50	60
	5	70	80	60	70

На основании представленных данных было установлено, что наиболее эффективными пенообразователями являются следующие средства из числа исследованных: «Fairy», «Hi-foam». Кроме того, установлено, что на устойчивость пен не влияет существенным образом характер поверхности обследованных материалов. В данной серии экспериментов статистической зависимости между устойчивостью пены и концентрацией пенообразователя в растворе установлено не было.

В соответствии с теоретическими представлениями, представленными выше, значительный эффект в плане повышения устойчивости пен, может быть достигнут при введении в пенообразующий состав добавок, повышающих вязкость композиции. В настоящем исследовании в качестве таких добавок применяли глицерин и этиленгликоль. Для проведения экспериментов были отобраны товарные пенообразователи, проявившие лучшую эффективность в предыдущих опытах.

В таблице 3 представлены результаты, полученные при измерении устойчивости пен, полученных из товарного пенообразователя с добавлением 1% массового глицерина, на поверхностях материалов.

Таблица 3. Время разрушения пены в зависимости от условий проведения эксперимента и пенообразователя с добавлением 1% массового глицерина

Наименование пенообразователя	Концентрация пенообразователя в растворе, % массовых	Время разрушения пены, мин			
		ткань хлопчатобумажная, вельветон		материал нетканый на основе поливинилхлорида	
		условие 1	условие 2	условие 1	условие 2
FAIRY	1	215	230	220	230
	3	210	240	215	230
	5	210	240	225	235
СУЛЬФОНОЛ	1	70	85	85	90
	3	65	90	90	100
	5	70	90	100	115
ACTIVPROFI	1	50	75	55	70
	3	60	80	70	85
	5	55	80	80	100
	1	50	70	50	40

HD-REINIGER	3	50	75	50	50
	5	55	80	55	65
HI-FOAM	1	65	90	75	95
	3	70	90	80	105
	5	75	100	100	120
DIMER	1	55	70	65	75
	3	60	75	60	80
	5	70	90	65	95

Представленные результаты показывают, что введение 1% массового глицерина существенным образом улучшает характеристику времени существования пены. Улучшение характеристик наблюдалось для всех привлеченных к исследованиям средств и не зависело существенным образом от структуры использованных материалов. Повышение массовой концентрации пенообразующего средства в исходном составе приводило к увеличению стабильности пены, однако прямой зависимости между этими показателями не наблюдается.

В аналогичных условиях были исследованы пенные составы, усиленные добавкой 1% массового этиленгликоля. Полученные экспериментальные результаты представлены в таблице 4.

Таблица 4. Время разрушения пены в зависимости от условий проведения эксперимента и пенообразователя с добавлением 1% массового этиленгликоля

Наименование пено- образователя	Концентрация пено- образователя в растворе, % массовых	Время разрушения пены, мин.			
		ткань хлопчатобумажная, вельветон		материал нетканый на основе поливинилхлорида	
		условие 1	условие 2	условие 1	условие 2
FAIRY	1	130	140	140	180
	3	120	145	145	180
	5	125	140	145	170
СУЛЬФОНОЛ	1	60	75	80	100
	3	65	75	80	110
	5	65	80	90	110
ACTIVPROFI	1	55	75	70	80
	3	60	80	75	85
	5	50	80	70	95
	1	60	80	50	70

HD-REINIGER	3	50	75	45	70
	5	55	85	50	75
HI-FOAM	1	70	90	85	95
	3	65	80	80	100
	5	75	90	85	95
DIMER	1	65	80	65	80
	3	65	85	60	75
	5	60	80	65	75

В соответствии с представленными данными, для всех испытанных средств, за исключением «HD-reiniger», глицерин является предпочтительной добавкой по сравнению с этиленгликолем. По данным таблицы 4 не наблюдается улучшения характеристик пен при увеличении массовой концентрации пенообразователя в исходном пенообразующем составе.

Проведены исследования по оценке влияния количественного содержания структурирующей добавки – глицерина, в составе пенообразующей смеси на качественные характеристики пен. Результаты, полученные при исследовании устойчивости пен, образующихся из товарного пенообразователя с добавлением 2% массовых глицерина, на поверхностях материалов, представлены в таблице 5.

Таблица 5. Время разрушения пены в зависимости от условий проведения эксперимента и пенообразователя с добавлением 2% массового глицерина

Наименование пенообразователя	Концентрация пенообразователя в растворе, % массовых	Время разрушения пены, мин			
		ткань хлопчатобумажная, вельветон		материал нетканый на основе поливинилхлорида	
		условие 1	условие 2	условие 1	условие 2
FAIRY	1	130	140	140	180
	3	120	145	145	180
	5	125	140	145	170
СУЛЬФОНОЛ	1	60	75	80	100
	3	65	75	80	110
	5	65	80	90	110
ACTIVPROFI	1	55	75	70	80
	3	60	80	75	85
	5	50	80	70	95
	1	60	80	50	70

HD-REINIGER	3	50	75	45	70
	5	55	85	50	75
HI-FOAM	1	70	90	85	95
	3	65	80	80	100
	5	75	90	85	95
DIMER	1	65	80	65	80
	3	65	85	60	75
	5	60	80	65	75

Сравнительная оценка данных, представленных в таблицах 3 и 5, показала, что увеличение массовой доли глицерина не влияет существенным образом на устойчивость пены на поверхности материала. Для препарата «Fairy» показатели устойчивости пены ухудшились с увеличением количества глицерина в пенообразующем составе. Кроме того, установлено, что по результатам таблицы 5, увеличение концентрации пенообразователя в исходном составе не приводит к изменению времени разрушения пены.

Таким образом, было показано, что структурирующая добавка к пенообразующему составу, повышающая вязкость композиции, улучшает существенным образом показатели устойчивости пены.

Представленные экспериментальные данные могут быть использованы при разработке и оптимизации условий получения высокоустойчивых каркасов пен, перспективных для создания звукопоглощающих покрытий на основе товарных пенообразующих средств.

ВЫВОДЫ

Разработаны методики получения и изучения свойств пен, создаваемых на основе товарных пенообразующих средств. Показана возможность оценивать свойства образующихся пен путем измерения величин кратности и времени разрушения.

Показано, что наиболее перспективными пенообразующими средствами из числа исследованных товарных препаратов являются «Fairy» и

«Ni-foam». При этом увеличение концентрации пенообразующего средства с 1,0 до 5,0 массовых процента в исходном растворе, не приводит к пропорциональному увеличению устойчивости пен, обеспечивая, в отдельных случаях, лишь незначительное возрастание объема пены, но понижает при этом существенным образом их кратность.

Исследовано влияние структурирующих добавок, повышающих вязкость композиций, на стабильность получаемых пен. Показано, что внесение добавок глицерина и этиленгликоля в количестве 1,0 % массового к пенообразующему составу, позволяет в значительной степени улучшить характеристики пены, определяемые в настоящем исследовании.

Экспериментальные данные, представленные по результатам настоящего исследования, могут быть положены в разработку условий получения высокоустойчивых каркасов пен, перспективных для создания звукопоглощающих покрытий, на основе товарных пенообразующих средств.

ЛИТЕРАТУРА

1. Корнев К.Г. Пены в пористых средах. – М.: Физматлит, 2001. – 192 с.
2. Щукин Е.Д. Коллоидная химия. – М.: Высшая школа, 2004. – 310 с.
3. Holmberg K. Surfactants and Polymers in Aqueous Solution / K.Holmberg, B. Jonsson, B. Kronberg, B. Lindman. – West Sussex : John Wiley and Sons, 2004.
4. Сумм Б.Д. Основы коллоидной химии. – М.: Академия, 2006. – 240с.
5. Тихомиров В.К. Пены. Теория и практика их получения и разрушения. – М.: Химия, 1983. – 264 с.
6. Баран А.А. Стабилизация дисперсных систем водорастворимыми полимерами // Успехи химии. – 1985. – Т. 54. – № 7. – с. 1100 – 1102.

7. Кругляков П.М., Ексерова Д.Р. Пена и пенные пленки. – М.: Химия, 1990. – 432с.
8. Адамсон А. Физическая химия поверхностей. – М.: Мир, 1979. – 568 с.
9. Абрамзон А.А. Поверхностно-активные вещества. – Л.: Химия, 1984. – 324 с.
10. Ребиндер П. А. Физико-химическая механика дисперсных структур. – М.: Наука, 1966. – 284 с.
11. Фридрихсберг Д.А. Курс коллоидной химии. – М.: Химия, 1995. – 85с.
12. Кочергин С.М., Добреньков Г.А. и др. Краткий курс физической химии. – М.: Высшая школа. 1978. – 312 с.
13. Воюцкий С.С. Курс коллоидной химии. – М.: Химия, 1976. - 280 с.
14. Русанов А.И. Фазовые равновесия и поверхностные явления. – Л.: Химия, 1967.
15. Дерягин Б.В. Теория устойчивости коллоидов и тонких плёнок. – М.: Наука, 1986. – 196 с.
16. Непер Д. Стабилизация коллоидных дисперсий полимерами. – М.: Мир, 1986. – 487 с.
17. Смагин А.Г., Ярославский М.М. Пьезоэлектричество кварца и кварцевые резонаторы. – М., 1970.
18. Мазуренко О.М. Влияние переменного магнитного поля и магнитной дисперсной фазы на свойства тиксотропных дисперсных систем: дисс... канд. хим. Наук / ЛТИ им. Ленсовета. – Л., 1986.
19. Толстой Н.А., Спартаков А.А. Электрооптика и магнитооптика дисперсных систем. – С.Пб.: Изд-во СПбГУ, 1996. – 244 с.

20. Гроссберг А.Ю., Хохлов А.Р. Статистическая физика макромолекул. – М.: Наука, 1989. – 344 с.
21. Бибик Е.Е. Реология дисперсных систем. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1981. – 172 с.
22. Дерягин Б.В., Чураев Н.В., Муллер В.М. Поверхностные силы. – М.: Наука, 1985. – 398 с.
23. Бердановский Ю.Д., Бибик Е.Е. В кн. Неравновесные процессы в магнитных суспензиях. – Свердловск: УНЦ АН СССР, 1986. – С. 32 – 41.
24. Сергеев Г.Б. Нанохимия. – М.: Изд. МГУ, 2003. – 336 с.
25. Крылов О.В. Гетерогенный катализ. – М.: Академкнига, 2004. – 679 с.
26. Химия привитых поверхностей. Под ред. Г.В. Лисичкина. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. – 592 с.
27. Тиноко И., Зауэр К. и др. Физическая химия. Принципы и применение в биологических науках. – М.: Техносфера, 2005. – 744 с.
28. Макаров В.Г., Коптенармусов В.Б. Промышленные термопласты: справочник. – М.: АНО «Издательство «Химия», 2003. – 208 с.
29. Новый справочник химика и технолога. Электродные процессы. Химическая кинетика и диффузия. Коллоидная химия. – С.Пб.: НПО Профессионал, 2007. – 838 с.