

Контроль качества пены моющих средств

В настоящее время на рынке представлено много бытовой химии (шампуней, жидкого мыла, средств для мытья посуды и т.п.) как отечественных, так и зарубежных производителей. Выбор потребителя в первый раз основан на внешнем виде, запахе, известности производителя. При следующей покупке уже будут учитываться моющие способности, склонность к образованию пены, воздействие на кожу и т.п. Наверное, никто не любит моющее средство для посуды, которое не пенится и приходится снова и снова его добавлять. На этом основано несколько рекламных роликов средств для мытья посуды. Аналогичная ситуация с шампунями – при равном количестве шампуня один пенится хорошо, а другой плохо.

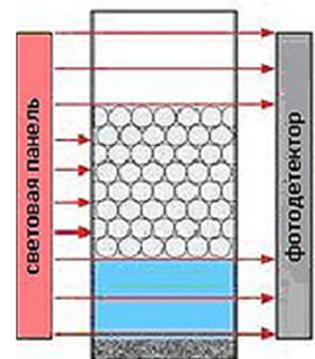


Для сравнения склонности к пенообразованию и стабильности полученной пены были взяты 10 образцов шампуней различных отечественных производителей. Анализ проводился на анализаторе пены DFA100 (KRUSS, Германия). Пена в данном приборе может создаваться за счет продувки воздуха (газа) или за счет перемешивания. Для нашего эксперимента мы выбрали продувку газом, т.к. при мытье волос происходит взбивании пены (проникновение воздуха между волос).

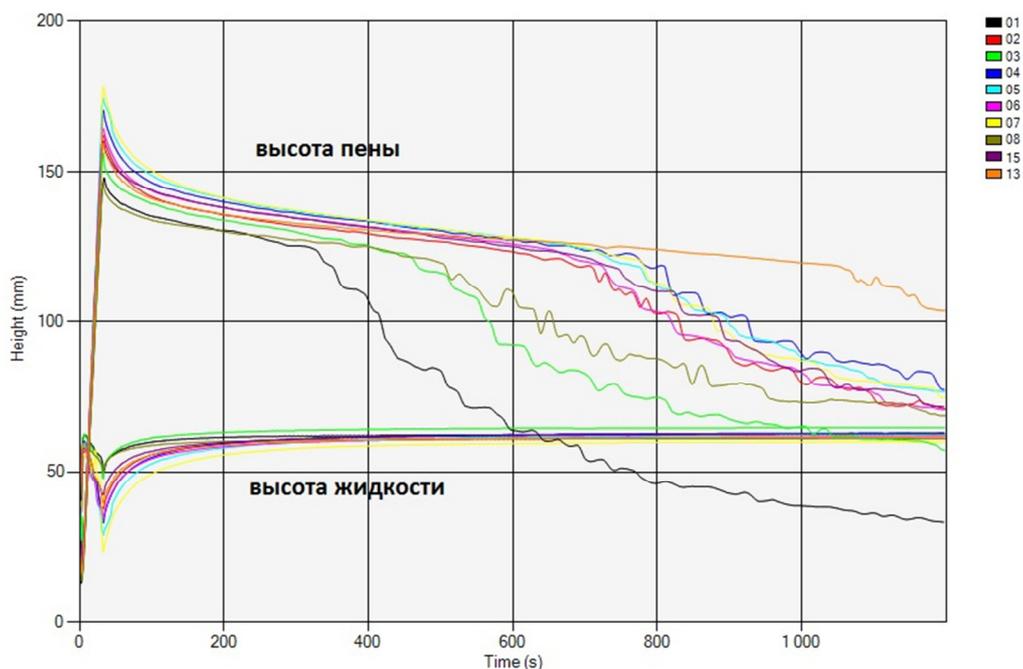
Были подготовлены мыльные растворы шампуней из расчета 0,5 мл шампуня на 400 мл воды. Мы понимаем, что в этих 0,5 мл у всех образцов содержится разная концентрация активных веществ, но мы проводили эксперимент с точки зрения пользователя, а не исследователя. Столб пены формировался за счет продувки воздуха через слой мыльного раствора в течение 30 секунд. За это время образовывалось порядка 15 см пены, а уровень жидкость снижался. После формирования пены компрессор отключался.

Анализатор пены DFA100 имеет фотодетекторы по высоте колонки, которые фиксируют интенсивность пропускания света через колонку. Пока в колонке мыльный раствор, интенсивность проходящего света высокая. Чем плотнее пена, тем ниже интенсивность прошедшего через колонку света. Момент формирования и разрушение пены фиксировался фотодетекторами прибора и передавался в программу. Программа строила графики в режиме реального времени.

Принцип измерения в DFA100



На диаграмме 1 представлены графики изменения уровня пены (верхняя группа) и уровня жидкости (нижняя группа) для 10 образцов. Изменение общей высоты системы (пена+жидкость) не показано. На основе полученных диаграмм программа рассчитывала характеристики по разным методам.



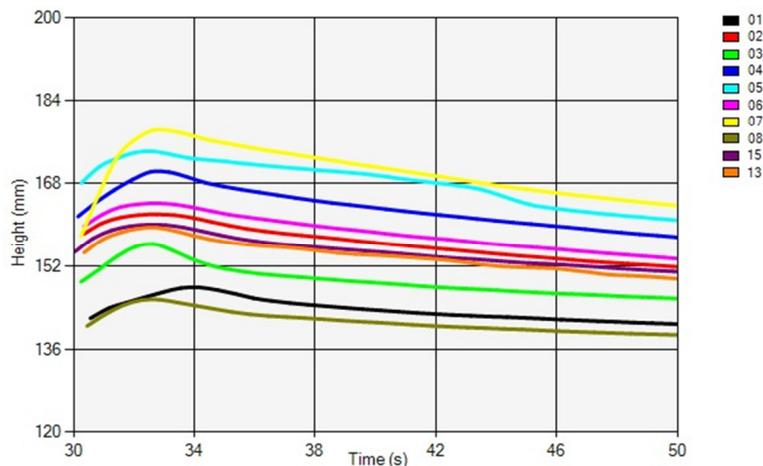
Формирования пены занимает всего 30 сек, на диаграмме это очень узкий отрезок – до пика. Процесс разрешения пены более длителен. Из общей диаграммы видно, что в долгосрочном периоде (более 10 минут = 600 сек) пены разрушаются по-разному.

На стадии формирования пены (30 секунд) программа определяет:

- *Высоту пены после отключения компрессора* (на диаграмме 2 – это точка начала линии = 30 сек) и *максимальную высоту пены*. Видно, что после отключения компрессора столб пены увеличивается еще 3-4 секунды. Это время подъема последних пузырьков воздуха через толщу пены, что приводит к увеличению столба пены.
- *Плотность пены* – это отношение жидкой части в пене к объему пены. Чем больше плотность пены, тем выше столб пены (лучше пенообразование), хотя это не четкая зависимость.

	1	2	3	4	5	6	7	8	13	15
При отключении компрессора										
Высота пены, мм	139,8	157,1	148,1	161,1	166,6	158,3	155,1	138,8	154,8	161,4
Объем пены, мл	175,6	197,4	186,1	202,5	209,4	198,9	194,9	174,4	194,5	202,8
Плотность пены	0,07	0,16	0,08	0,16	0,21	0,18	0,11	0,08	0,13	0,2
При макс. высоте										
Высота пены, мм	147,1	161,3	156,1	166,1	173	164	177,9	145,2	159,1	167,3
Объем пены, мл	184,9	202,6	196,2	208,7	217,4	206	223,5	182,5	199,9	210,3
Время достижения максимума, сек	33,1	34,1	32,8	36,4	33,7	33,4	33,4	33,2	34,1	33,4

Здесь и ниже КРАСНЫМ выделены максимальные значения, СИНИМ – минимальные



Из таблицы и диаграммы 2 видно, что за 30 секунд продувки максимальную пену дает образец №5, но через несколько секунд после остановки компрессора образец №7 показывает максимум. Хуже всех пенятся образец №1 и №8.

АНАЛИЗ РАЗРУШЕНИЯ ПЕНЫ

Программа дает несколько параметров, характеризующих стойкость пены в краткосрочном и длительном периоде.

Время полураспада

По мере разрушения пены она постепенно оседает и пропускает больше света. Момент времени, когда столб пены разрушится наполовину (от исходной высоты пены после выключения насоса), программа определяет как время полураспада. Чем больше время полураспада тем стабильнее пена.

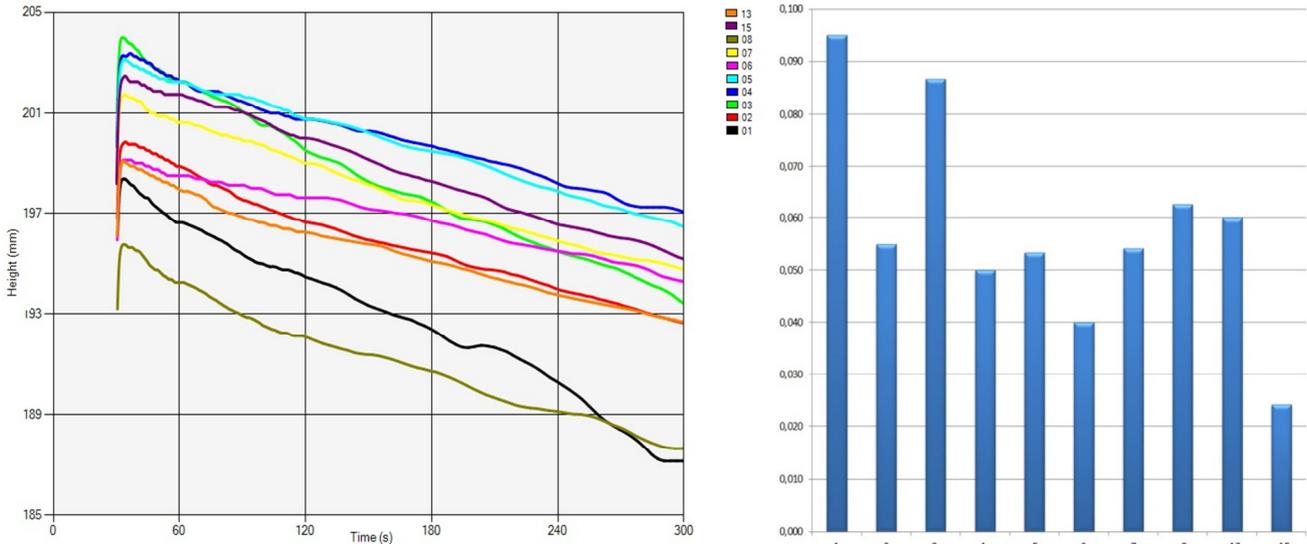
	1	2	3	4	5	6	7	8	13	15
Время полураспада, сек (50% от высоты пены при остановке компрессора)	545	1020	780	1157	1052	989	1154	1146	1045	1107

Из таблицы видно, что образец №1 имеет самое низкое значение, т.е. быстрее всех разрушается, при этом этот образец также и хуже всех образует пену. Лидерами по стабильности пены стали образцы №4 и №7. Образец №8, который плохо пенится, дает довольно стабильную пену, слегка уступив лидерам.

Скорость распада по Россу-Майлсу (краткосрочный период < 5 мин)

Классическим методом анализа шампуней является метод Росса-Майлса, согласно которого нужна колонка высотой 1 м. Прибор DFA100 позволяет определить параметры пены для метода Росса-Майлса (ОБЩУЮ высоту столба после 30, 180 и 300 секунд разрушения), но в своей стандартной колонке (высота порядка 30 см). В будущем [анализатор пены DFA100](#) будет полностью соответствовать методу Росса-Майлса.

	1	2	3	4	5	6	7	8	13	15
Общая высота при отключении компрессора, мм	194,3	195,7	200,3	199,3	198,9	194,8	197,7	191,8	198,2	194,2
RMD 30, мм	196,6	198,9	202,3	202,3	202,3	198,5	200,6	194,3	201,8	197,8
RMD 180, мм	191,7	194,7	196,5	199	198,8	196	196,6	189,7	197,4	196,3
RMD 300, мм	185,2	192,3	191,9	196,3	195,9	193,7	194,1	186,8	194,6	194,9
Скорость распада пены, мм/сек	0,042	0,024	0,039	0,022	0,024	0,018	0,024	0,028	0,027	0,011



На диаграмме 3 представлена область графика пены от момента отключения насоса (30 сек) до 300 сек, т.е. область, необходимая для метода Росса-Майлса. Т.к. после отключения компрессора пена продолжает формироваться, то через 30 секунд (= 60 сек на графике) наблюдается не снижение, а увеличение пены относительно исходной точки. Далее пена продолжает распадаться.

Для каждой кривой можно рассчитать угол наклона, это и будет скорость распада пены по Россу-Майлсу:

$$\text{скорость} = (\text{RMD300}-\text{RMD30})/270$$

Как мы видим из таблицы и из диаграммы №4, максимальная скорость распада у образца №1 (это подтверждается и методом полураспада). Самая стабильная пена в краткосрочном периоде у образца №15.

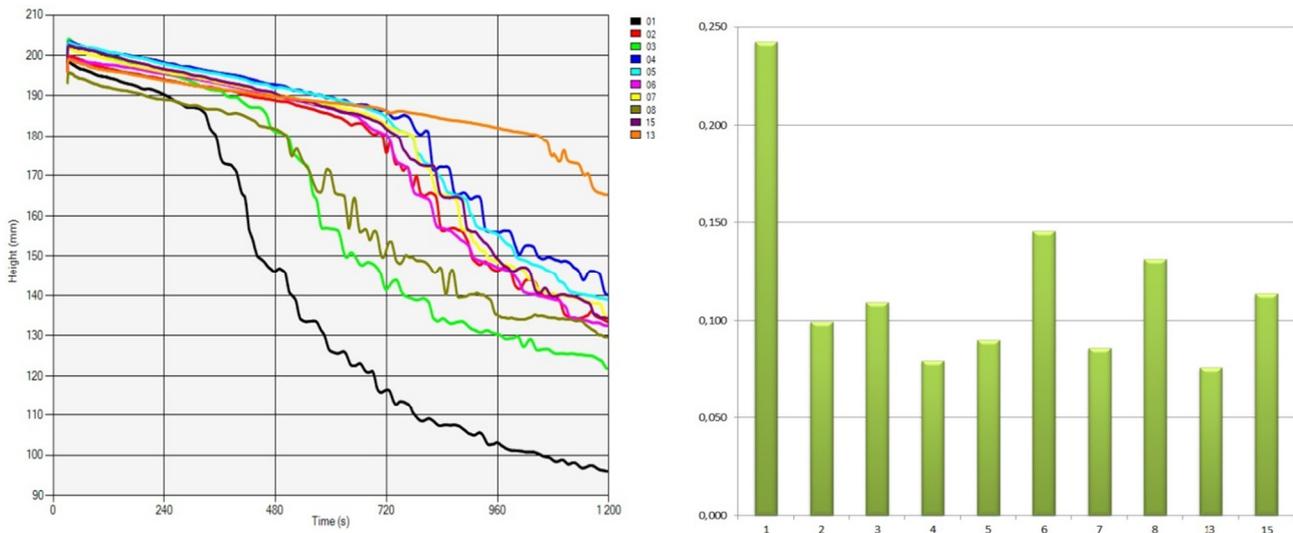
Метод Росса-Майлса дает характеристику пены в первые 5 минут после ее формирования. Этого достаточно для шампуней или жидкого мыла, но не для средств для мытья посуды, пены для ванной или для бритья. Кроме того, данный метод не учитывает максимальный пик, который наблюдается через 3-4 секунды после формирования пены.

Скорость распада по NIBEM (долгосрочный период > 5 мин)

Для характеристики пены в длительном периоде (более 5 мин) больше подходит метод NIBEM. В этом методе определяется время, необходимое для снижения столба пены на 10 мм, 20 мм и 30 мм. Данный метод может быть показательным для стабильных пен. Как и ранее для метода Росса-Майлса мы рассчитали скорость распада по NIBEM – это скорость распада 20 мм пены.

	1	2	3	4	5	6	7	8	13	15
NIBEM-10, сек	302,5	562	341	579,5	589	629	559,5	450,5	535	757,5
NIBEM-20, сек	332	689	472	782,5	749	707,5	752,5	520	721,5	825,5
NIBEM-30, сек	385	763,5	524	830,5	811	766,5	792	603	800,5	933,5
Скорость распада 20 мм пены, мм/сек	0,242	0,099	0,109	0,080	0,090	0,145	0,086	0,131	0,075	0,114

Из таблицы и диаграммы 4 видно, что меняется соотношение стабильных пен: в долгосрочном периоде самую стабильную пену имеют образец №13, а лидер по Россу-Майлсу (№15) не попал даже в пятерку.



Таким образом, при анализе стабильности пены важно правильно выбрать метод оценки результатов. Существует еще несколько параметров, которые рассчитывает программа на основе диаграмм, но на них мы останавливаться сейчас не будем.

ДРЕНАЖ ЖИДКОСТИ ИЗ ПЕНЫ

Во время формирования пены уровень жидкости уменьшался, т.к. жидкость переходила в межпленочное пространство. Как правило, минимальный уровень жидкости достигается после отключения компрессора. Из таблицы видно, что минимальный уровень жидкости у всех образцов разный, хотя изначально мы брали 80 мл для всех образцов, т.е. в пену перешло разное количество жидкости.

	1	2	3	4	5	6	7	8	13	15
Время достижения мин. уровня жидкости, сек	34,1	32,5	32,5	32,9	32,4	32,5	32,8	32,6	32,5	32,5
Мин. высота жидкости, мм	50,5	37,7	47,6	32,8	28,8	34,8	23,3	50	42,2	30,5
Дренаж 25%, сек	4,5	9,8	2,1	8,4	12,2	10,6	11,2	4,9	8,2	11,1
Дренаж 50%, сек	22,1	30,4	11,9	27,1	31,3	32	36	27,4	28,2	32,4
Дренаж 75%, сек	95,0	99,1	43,0	85,6	99,7	108,6	123,2	327,0	110,6	97,1
HRV (50%/75%)	72,9	68,7	31,1	58,5	68,4	76,6	87,2	299,6	82,4	64,7

Максимально жидкость переходит в пену у образцов №1 и №8, которые показали минимальный столб пены. Возможно, это означает, что эти образцы содержат не достаточное количество ПАВ или эти ПАВ не эффективны на стадии формирования пены. Образец №7 имеет минимальный уровень жидкости при максимальном уровне пены. Программа позволяет определить время для истечения 25%, 50% и 75% жидкости из пены. После дренажа 50% жидкости скорость истечения резко увеличивается.

Аналогичные исследования были проведены для 4-х разных шампуней одного производителя с разными добавками (отдушками). Результаты представлены в таблице ниже, из нее видно, что шампуни одного производителя также отличаются по качеству пены.

	11	12	13	14
При отключении компрессора				
Высота пены, мм	147,4	141,8	154,8	153
Объем пены, мл	185,3	178,2	194,5	192,2
Плотность пены	0,18	0,09	0,13	0,13
При макс. высоте				
Высота пены, мм	150,9	148,5	159,1	159,3
Объем пены, мл	189,7	186,6	199,9	200,1
Время достижения максимума, сек	33,3	33	34,1	33
АНАЛИЗ ПЕНЫ				
Время полураспада, сек	1140	1018,1	1044,6	NAN
Общая высота при отключении компрессора, мм	185,4	192,8	198,2	195
RMD 30, мм	188,9	195,1	201,8	197,9
RMD 180, мм	187,1	189,8	197,4	194,4
RMD 300, мм	185,1	187,4	194,6	192,2
Скорость распада пены, мм/сек	0,014	0,029	0,027	0,021
NIVEM-10, сек	654,5	463	535	786,5
NIVEM-20, сек	730	603,5	721,5	1047
NIVEM-30, сек	808	684	800,5	NAN
Скорость распада 20 мм пены, мм/сек	0,130	0,090	0,075	
ДРЕНАЖ ЖИДКОСТИ ИЗ ПЕНЫ				
Время достижения мин. уровня жидкости, сек	30	33,6	32,5	32,5
Мин. высота жидкости, мм	37,9	48,1	42,2	39,5
Дренаж 25%, сек	13,4	5,1	8,2	10,1
Дренаж 50%, сек	42	24,6	28,2	31
Дренаж 75%, сек	229	128	110,6	120,6
HRV (50%/75%)	187	103,4	82,4	89,6

Анализатор пены DFA100 – это инструмент для количественного описания наших визуальных наблюдений. Процесс создания и разрушения пены можно оценить на глаз или с помощью линейки, но в этом случае мы не можем проникнуть «в толщу пены». С помощью модуля структуры пены – специальной колонки с плоской призматической стенкой, видеокамерой и источником света, можно снять 2D изображение пузырьков. Программа рассчитывает площадь поверхности каждого пузырька и их количество, на основе чего построит кривую распределения.