INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

STAROVOITOV Anatoly Vladimirovich – Senior Lecturer of the Department of Chemistry and Polymer Technology, Tver State Technical University, 22, embankment of A. Nikitin, Tver, 170026, Russia. E-mail: avstarovoytov7@yandex.ru

GORTSEVICH Svetlana Leonidovna – Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor of the Department of Chemistry and Polymer Technology, Tver State Technical University, 22, embankment of A. Nikitin, Tver, 170026, Russia. E-mail: svetagor_70@mail.ru

SOBOLEV Alexander Evgenievich – Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor of the Department of Chemistry and Polymer Technology, Tver State Technical University, 22, embankment of A. Nikitin, Tver, 170026, Russia. E-mail: also@live.ru

DOLUDA Valentin Yuryevich – Doctor of Chemical Sciences, Head of Department of Chemistry and Polymer Technology, Tver State Technical University, 22, embankment of A. Nikitin, Tver, 170026, Russia. E-mail: doludav@yandex.ru

CITATION FOR AN ARTICLE

Starovoitov A.V., Gortsevich S.L., Sobolev A.E., Doluda V.Yu. Assessment of the strength of heteroligand gold complexes by the potential of the gold electrode // Vestnik of Tver State Technical University. Series «Building. Electrical engineering and chemical technology». 2024. No. 3 (23), pp. 84–89.

УДК 544.773.2

АНАЛИТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ПЕН

Г.А. Туманов, А.В. Старовойтов, Е.И. Лагусева,
К.В. Чалов, А.И. Пичугина, В.Ю. Долуда
Тверской государственный технический университет (г. Тверь)

© Туманов Г.А., Старовойтов А.В., Лагусева Е.И.,
Чалов К.В., Пичугина А.И., Долуда В.Ю., 2024

Аннотация. В статье рассмотрена возможность определения стойкости пены пенообразующих растворов в лабораторных условиях с целью приведения получаемых результатов в соответствие с данными, установленными по ГОСТ Р 50588-93. Время оседания половины столба пены измерялось с использованием установки, состоящей из цилиндра с нижней подачей воздуха и секундомера. В мерный цилиндр вносилась порция пенообразователя, после чего продувался воздух до образования устойчивого столба пены. Увеличение времени обработки пенообразующего раствора до 5 мин способствовало увеличению времени оседания пены до 460 с. При дальнейшем увеличении времени обработки пенообразователя воздухом до 10 мин наблюдался сдвиг максимума времени осаждения 50 % столба пены до расхода воздуха в 150 мл/мин. Оптимальное время обработки пенообразующего раствора составляло 10 мин при расходе воздуха 150 мл/мин. Сделан вывод, что при объеме пенообразователя от 30 до 60 мл полученные значения

времени оседания 50 % столба пены входят в интервал значений, приведенных в ГОСТ Р 50588-93.

Ключевые слова: устойчивость, пена, время оседания пены, стабильность, скорость оседания пены.

DOI: 10.46573/2658-7459-2024-3-89-94

ВВЕДЕНИЕ

Определение устойчивости пены является важной задачей аналитической химии. За счет этого обеспечивается соответствие выпускаемой продукции различным стандартам качества [1], а кроме того, определение устойчивости пены широко применяется в научных исследованиях [2–5]. В настоящее время используется ГОСТ Р 50588-93 [1], в котором предложено измерение времени разрушения 50 % столба пены в емкости объемом 200 дм^3, а в качестве результата принято среднеарифметическое значение двух последовательно проведенных экспериментов, не отличающихся друг от друга более чем на 10 %. Основной недостаток вышеуказанного метода – необходимость приготовления большого объема пены, что не всегда возможно в лабораторных условиях. В методе определения устойчивости пены по ГОСТ 6948-81 для образования пены 100 мл пенообразующего раствора помещают в стакан и вспенивают раствор высокоскоростной мешалкой при 4 000 об/мин в течение 30 с, после чего измеряют время оседания 50 % столба пены. При этом вышеуказанный метод не в полной мере отражает физическую сущность образования пены в воздушных пеноформирователях, где раствор пенообразователя вспенивается в сопле высокоскоростным напором воздуха. В международном стандарте ASTM-D892-2018 [6] предложен способ образования пены путем пропускания воздуха через мерный цилиндр, а также замер оставшейся высоты столба после 10 мин отстаивания без подачи воздуха. Названный метод также имеет существенный недостаток, который заключается в невозможности соотнесения полученных результатов с данными российских стандартов. В связи с этим объединение вышеуказанных методов с пропусканием воздуха через цилиндр с пенообразователем и измерение времени оседания 50 % столба пены может быть приемлемо как с позиции физической сущности процесса, так и с позиции получаемых результатов. Кроме того, создание лабораторного метода, имеющего результаты, сравнимые с результатами, получаемыми по ГОСТ Р 50588-93 [1], существенно упростит проведение лабораторного анализа на определение устойчивости пены.

МЕТОДЫ, МЕТОДИКИ И МАТЕРИАЛЫ

Для проведения экспериментов по изучению устойчивости пены были подготовлены пенообразующие растворы. Определение времени оседания пены производилось с использованием цилиндра с нижней подачей воздуха, при этом устанавливалось время оседания 50 % столба пены. В мерный цилиндр наливалось 20–70 мл приготовленного пенообразующего раствора, после чего через него в течение 3, 5 и 10 мин продувался воздух с расходом 50, 100, 150, 200 мл/мин. Измерение времени оседания пены производилось до получения трех последовательно сходящихся значений при температуре 20 °С. Был исследован пенообразующий водный раствор, содержащий 1 мас.% децилсульфата натрия, 0,5 мас.% сульфоэтаксилата натрия, 0,1 мас.% бутанола, 0,1 мас.% лигносульфаната технического. Для сравнения полученных результатов

пенообразующая способность вышеуказанного раствора была определена по ГОСТ Р 50588-93 [1].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

По итогу проделанной работы построен график зависимости времени оседания 50 % столба пены от объемного расхода воздуха при времени продувки от 3 до 10 мин (рис. 1).

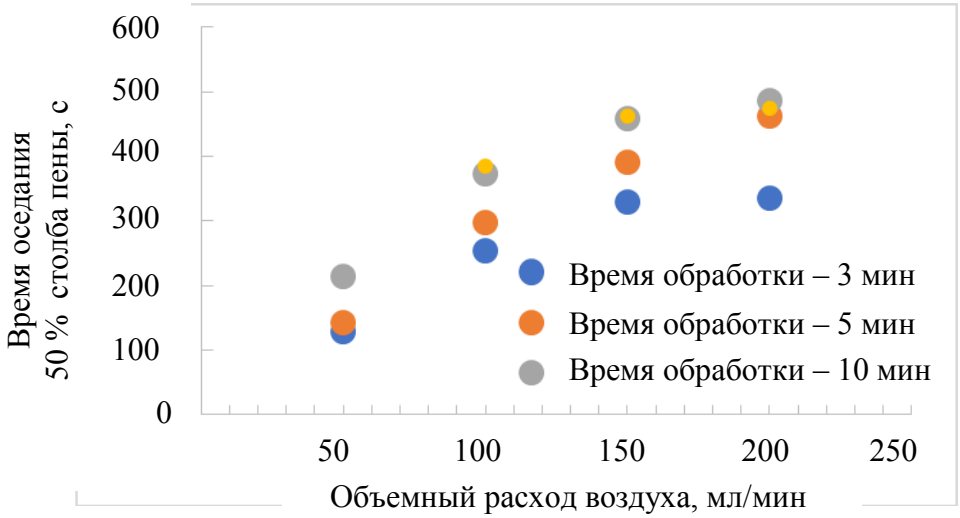

Рис. 1. Зависимость времени оседания половины столба пены от объемного расхода воздуха

В ходе обработки пенообразующего раствора в течение 3 мин при увеличении расхода воздуха с 50 до 200 мл/мин наблюдается увеличение времени оседания половины столба пены со 130 до 330 с. При этом стабилизация получаемых значений времени происходит при расходе 150 мл/мин. Если время обработки пенообразующего раствора увеличивается до 5 мин, наблюдается увеличение времени оседания 50 % столба пены до 460 с. При этом максимальное время достигается при расходе воздуха 200 мл/мин. Дальнейшее увеличение времени обработки пенообразующего раствора воздухом до 10 мин способствует сдвигу достижения максимума времени осаждения 50 % столба пены до расхода воздуха 150 мл/мин. Увеличение времени обработки пенообразующего раствора до 15 мин не приводит к существенному сдвигу во времени деструкции половины столба пены. В связи с этим можно считать оптимальным время обработки раствора 10 мин, причем измеренное время оседания 50 % столба пены составляет 460–465 с. Необходимо отметить, что время оседания пены, измеренное по ГОСТ Р 50588-93 [1] для вышеуказанного пенообразующего раствора, составило 549 ± 25 с, что означает наличие некоторой разницы в условиях оседания пены. Для достижения равенства времени оседания 50 % столба пены в лабораторных условиях и по нормам ГОСТ Р 50588-93 [1] были проведены эксперименты при варьировании количества пенообразующего раствора с 20 до 70 мл (рис. 2). Обработка раствора проводилась при расходе воздуха 150 мл/мин и времени обработки 10 мин.

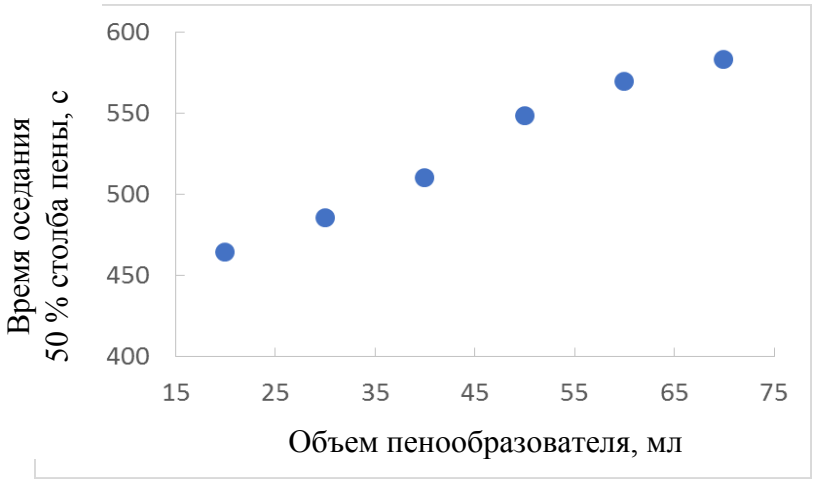

Рис. 2. Зависимость времени оседания 50 % столба пены
от исходного объема пенообразователя

Увеличение объема пенообразователя с 10 до 60 мл закономерно приводит к увеличению времени оседания половины столба пены, что является следствием образования большего количества пены. При указанном объеме пенообразователя полученные значения времени оседания 50 % столба пены входят в интервал значений, установленных по ГОСТ Р 50588-93 [1].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Были проведены исследования влияния времени обработки, объемного расхода воздуха и объема пенообразователя на время оседания 50 % столба пены. Необходимо отметить, что увеличение времени обработки пенообразующего раствора способствует увеличению времени оседания 50 % столба пены. Максимальное время достигается при расходе воздуха в 200 мл/мин, а дальнейшее увеличение времени обработки пенообразующего раствора воздухом способствует сдвигу максимума времени осаждения 50 % столба пены. При расходе воздуха 150 мл/мин приемлемое время обработки пенообразующего раствора составляет 10 мин. При объеме пенообразователя от 30 до 60 мл полученные значения времени оседания 50 % столба пены соответствуют значениям, установленным по ГОСТ Р 50588-93 [1].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 50588-93. Пенообразователи для тушения пожаров. М.: Издательство стандартов, 1993. 14 с.
2. ГОСТ 6948-81. Пенообразователь ПО-1. Технические условия. М.: ФГУП Стандартинформ, 1981. 51 с.
3. The Effects of Acr/Mah Ionic Cross-linking on the Cell Morphology, Mechanical Properties, and Dimensional Stability of PVC Foams / J. Guo [et al.] // *Polym Degrad Stab.* 2024. Vol. 229. P. 1–25.
4. Experimental Study of Foam Stability and Interfacial Behaviour of Cellulose Nanocrystals-enhanced C22-tailed Zwitterionic Betaine Surfactant / Y. Li [et al.] // *Journal of Molecular Liquids. Elsevier*. 2024. Vol. 414. P. 62–84.

5. Synergistic Enhancement of Foam Stability by Nanocellulose and Hydrocarbon Surfactants / Q. Li [et al.] // *Chem Eng Sci. Elsevier Ltd*. 2024. Vol. 299. P. 35–42.
6. ASTM-D892-2018. Standard Test Method for Foaming Characteristics of Lubricating Oils. 2018. URL: https://www.astm.org/d0892-18.html (дата обращения: 25.07.2024).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

ТУМАНОВ Григорий Алексеевич – аспирант, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», 170026, Россия, г. Тверь, наб. А. Никитина, д. 22. E-mail: xt-337@mail.ru
СТАРОВОЙТОВ Анатолий Владимирович – старший преподаватель кафедры химии и технологии полимеров, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», 170026, Россия, г. Тверь, наб. А. Никитина, д. 22. E-mail: avstarovoytov7@yandex.ru
ЛАГУСЕВА Елена Ивановна – кандидат технических наук, доцент кафедры химии и технологии полимеров, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», 170026, Россия, г. Тверь, наб. А. Никитина, д. 22. E-mail: lagusseva@yandex.ru
ЧАЛОВ Кирилл Вячеславович – кандидат технических наук, доцент кафедры химии и технологии полимеров, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», 170026, Россия, г. Тверь, наб. А. Никитина, д. 22. E-mail: tschalov_k@mail.ru
ПИЧУГИНА Анна Игоревна – кандидат химических наук, доцент кафедры химии и технологии полимеров, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», 170026, Россия, г. Тверь, наб. А. Никитина, д. 22. E-mail: idpo-chem-pichugina@bk.ru
ДОЛУДА Валентин Юрьевич – доктор химических наук, заведующий кафедрой химии и технологии полимеров, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», 170026, Россия, г. Тверь, наб. А. Никитина, д. 22. E-mail: doludav@yandex.ru

БИБЛИОГРАФИЧЕСКАЯ ССЫЛКА

Туманов Г.А., Старовойтов А.В., Лагусева Е.И., Чалов К.В., Пичугина А.И., Долуда В.Ю. Аналитические особенности определения устойчивости пен // Вестник Тверского государственного технического университета. Серия «Строительство. Электротехника и химические технологии». 2024. № 3 (23). С. 89–94.

ANALYTICAL FEATURES OF STUDY OF FOAM STABILITY

G.A. Tumanov, A.V. Starovoitov, E.I. Laguseva,
K.V. Chalov, A.I. Pichugina, V.Yu. Doluda
Tver State Technical University (Tver)

Abstract. The article considers the possibility of determining the foam resistance of foam-forming solutions in laboratory conditions in order to bring the results obtained in accordance with the data established by GOST R 50588-93. The time of settling of half of the foam column was measured using an installation consisting of a cylinder with a lower air supply and a stopwatch. A portion of the blowing agent was introduced into the measuring cylinder, after which air was blown until a stable foam column was formed. Increasing the processing time of the foaming solution up to 5 min contributed to the increase of the foam settling time up to 460 s. On further increasing the blowing agent treatment time with air up to 10 min, a shift in the

maximum settling time of 50 % of the foam column was observed up to an air flow rate of 150 ml/min. The optimum treatment time of the foaming solution was 10 min at an air flow rate of 150 ml/min. It is concluded that at the volume of the foaming agent from 30 to 60 ml the obtained values of the settling time of 50 % of the foam column fall within the range of values given in GOST R 50588-93.

Keywords: stability, foam, foam settling time, stability, foam settling velocity.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

TUMANOV Grigory Alekseevich – Postgraduate Student, Tver State Technical University, 22, embankment of A. Nikitin, Tver, 170026, Russia. E-mail: xt-337@mail.ru

STAROVOITOV Anatoly Vladimirovich – Senior Lecturer of the Department of Chemistry and Polymer Technology, Tver State Technical University, 22, embankment of A. Nikitin, Tver, 170026, Russia. E-mail: avstarovoytov7@yandex.ru

LAGUSEVA Elena Ivanovna – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Chemistry and Polymer Technology, Tver State Technical University, 22, embankment of A. Nikitin, Tver, 170026, Russia. E-mail: lagusseva@yandex.ru

CHALOV Kirill Vyacheslavovich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Chemistry and Polymer Technology, Tver State Technical University, 22, embankment of A. Nikitin, Tver, 170026, Russia. E-mail: tschalov_k@mail.ru

PICHUGINA Anna Igorevna – Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor of the Department of Chemistry and Polymer Technology, Tver State Technical University, 22, embankment of A. Nikitin, Tver, 170026, Russia. E-mail: idpo-chem-pichugina@bk.ru

DOLUDA Valentin Yuryevich – Doctor of Chemical Sciences, Head of Department of Chemistry and Polymer Technology, Tver State Technical University, 22, embankment of A. Nikitin, Tver, 170026, Russia. E-mail: doludav@yandex.ru

CITATION FOR AN ARTICLE

Tumanov G.A., Starovoitov A.V., Laguseva E.I., Chalov K.V., Pichugina A.I., Doluda V.Yu. Analytical features of study of foam stability // Vestnik of Tver State Technical University. Series «Building. Electrical engineering and chemical technology». 2024. No. 3 (23), pp. 89–94.