

Транспорт

УДК 534-8

DOI: 10.30987/1999-8775-2019-2019-12-62-67

И.В. Демьянушко, Ю.М. Лужнов, С.К. Карцов, А.В. Сухов, А.Ю. Крамаренко

ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ОБРАБОТКИ НА УСТОЙЧИВОСТЬ МОЮЩИХ ПЕН

Рассмотрены основные проблемы, возникающие при мойке автомобилей. Приведены результаты экспериментальных исследований по применению ультразвуковых технологий в процессе получения моющих пен. Получены зависимости ос-

новных свойств пены от акустико-технологических параметров режима ультразвуковой обработки.

Ключевые слова: мойка, загрязнения, моющее средство, ультразвук, пена.

И.В. Демьянушко, Ю.М. Лужнов, С.К. Карцов,
А.В. Сухов, А.Ю. Крамаренко

ULTRASONIC PROCESSING IMPACT UPON DETERGENT FOAM FIRMNESS

Keeping a motor car clean is essential because of hygiene and sanitary standards, and allows also increasing service effectiveness. Basic problems while washing – large water consumption and dumping into sewage. In the paper there is considered a problem of ultrasonic technologies during washing, in particular

for foam preparation. Foam, obtained with ultrasonic treatment, differs by low multiplicity, high stability and a spherical structure of bubbles.

Key words: washing, pollution, detergent, ultrasound, foam.

Введение

Качественное оказание услуг на станции технического обслуживания требует поддержания автомобиля в чистом состоянии, поэтому автомобиль должен быть очищен от загрязнений, которым он подвергается в процессе эксплуатации. На данный момент посты мойки, где проводится очистка автомобиля от загрязнений, имеют ряд недостатков. Одним

из недостатков является большой расход воды. Применение моющих средств позволяет сократить расход воды, но при этом увеличивается количество поверхностно-активных веществ, сбрасываемых в сточные воды после удаления загрязнений. В связи с этим повышение эффективности технологии мойки является важной и актуальной задачей.

Анализ процесса мойки автомобиля

Мойка является обязательной трудоемкой операцией, так как содержание автомобилей в чистом и опрятном виде - одно из обязательных условий соблюдения санитарных правил при пассажирских перевозках и при транспортировании различных грузов, особенно продуктов питания. Кроме того, на автомобиле с чисто вымытым шасси, прежде всего снизу, легче обнаружить неисправности и повысить качество контроля деталей, проводить ре-

гулировочные, крепежные и смазочные операции [1].

Процесс проведения моечных работ характеризуется следующими основными показателями [2]:

- давлением струи воды (сила удара);
- расходом воды;
- температурой воды;
- составом применяемых синтетических моющих средств (СМС).

Наиболее важными показателями с точки зрения эффективности удаления за-

грязнений являются давление струи воды и состав применяемых моющих средств. Давление струи воды определяет механическую составляющую процесса удаления загрязнений, а состав применяемых СМС - химическую составляющую, т.е. процесс расщепления связей между загрязнением и поверхностью автомобиля. Применение моющих средств позволяет снизить расход воды и время мойки автомобиля (простои) за счет использования низкого давления при нанесении моющего средства и небольшого времени реакции с загрязнениями, которое составляет 1,5-2 минуты.

Состав СМС влияет на эффективность взаимодействия СМС с загрязнениями. Расщепление связей происходит за счет химической работы, которую необходимо затратить на удаление загрязнителя, его перевод в раствор или устойчивую дисперсную систему. Основными свойствами моющих средств, определяющими эффективность взаимодействия СМС с загрязнениями, являются смачиваемость и пенообразующая способность. Смачиваемость является основополагающей характеристикой моющей способности. Пенообразование важно, поскольку при мойке автомобилей необходимо удерживать моющее средство на поверхностях различной формы, в том числе вертикальных.

Для повышения смачиваемости и пенообразующей способности используются

Экспериментальные исследования

В качестве объекта исследования применялось средство для бесконтактной мойки Active Foam Eco (Grass), которое предназначено для удаления дорожных и масляных загрязнений. В состав, помимо очищенной воды, входят ПАВ, комплексообразователи и смягчители воды. Для приготовления пены средство разбавляется водой в соотношениях от 1:1 до 1:50, в зависимости от применяемого оборудования. В данной работе при проведении экспериментальных исследований применялись соотношения 1:2, 1:4, 1:10, 1:30, 1:50.

различные методы, такие как добавление присадок в уже существующие СМС, разработка принципиально новых СМС или совершенствование технологий пенообразования и нанесения пен на очищаемую поверхность. Одним из таких методов является применение ультразвуковых колебаний на этапе пенообразования.

Основными механизмами, обуславливающими эффективность применения ультразвука, являются кавитация, заключающаяся в образовании и схлопывании парогазовых пузырьков [3; 4], и акустические потоки, возникающие при высокой интенсивности излучения, которые обеспечивают распределение кавитационных пузырьков по обрабатываемому объёму [5-7].

Ультразвуковая обработка смеси моющего средства с водой позволяет получать высокодисперсные пены низкой кратности [8]. При этом пена, полученная ультразвуковым способом, имеет шаровое строение, а не полиэдрическое, как полученная с помощью пеногенератора, что приводит к повышению смачиваемости [9].

В рамках продолжения рассматриваемых исследований были проведены эксперименты по влиянию ультразвуковой обработки на устойчивость получаемой пены.

Для исследования влияния ультразвуковых колебаний на устойчивость пены использовалась магнитострикционная колебательная система. Схема проведения эксперимента показана на рис. 1. Излучатель 1 трехполуволновой магнитострикционной колебательной системы погружался в ёмкость 2 (цилиндрический мерный стакан), в которой находилась смесь моющего средства и воды заданной концентрации.

В ходе обработки частота колебаний f составляла 22 кГц. Режим обработки определялся амплитудой колебаний ξ_m , которая варьировалась от 20 до 28 мкм.

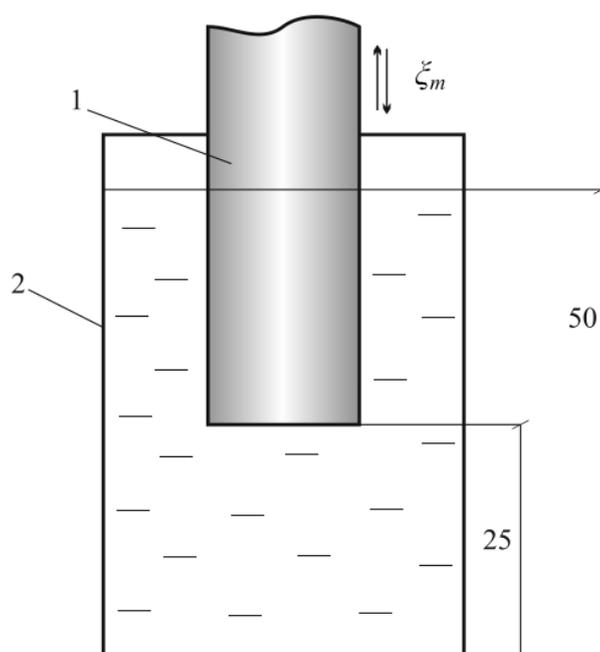


Рис. 1. Схема проведения эксперимента

Начальный объем обрабатываемой смеси $V = 50$ мл. Излучатель погружался в смесь до отметки 25 мл, т.е. до половины объема. В процессе ультразвуковой обработки часть озвучиваемого объема превращается в пену. При обработке оставшаяся смесь, как и пена, становится белого цвета, что, с учетом высокой дисперсности получаемой пены, препятствует визуальному определению границы раздела.

Время обработки моющего раствора составляет 20 секунд. При малых концентрациях моющего средства в воде за меньшее время не достигалось полного перемешивания СМС с водой, вследствие чего процесс пенообразования проходил не полностью.

В процессе проведения эксперимента измерялись следующие параметры:

- 1) высота столба образованной пены h_1 , мм;
- 2) время оседания половины объема образованной пены $t_{0,5}$, с;
- 3) половина высоты столба образованной пены $h_{0,5}$, мм;
- 4) скорость оседания пены $V_{0,5} = \frac{h_{0,5} \cdot 60}{t_{0,5}}$, мм/мин.

Время конца обработки моющего раствора совпадает с началом оседания столба образованной пены.

Результаты экспериментальных исследований представлены в таблице и на рис. 2-4.

Таблица

Результаты экспериментов

Параметр	$t_{0,5}$	h_1								
Концентрация	1:2		1:4		1:10		1:30		1:50	
Амплитуда	1:2		1:4		1:10		1:30		1:50	
20	464	47	408	48	260	47	137	43	78	41
22	498	50	465	49	363	47	243	44	165	41
24	491	48	467	48	381	47	357	45	266	42
26	555	49	466	48	396	47	396	46	356	45
28	733	49	628	50	483	48	399	48	371	46

Зависимость устойчивости пены от амплитуды колебаний и концентрации

представлена на рис. 2.

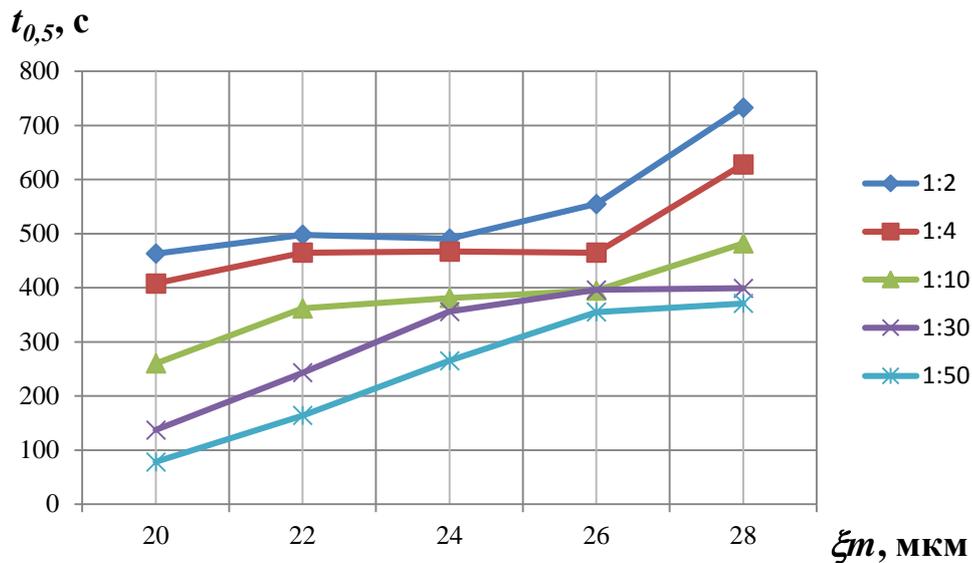


Рис. 2. Зависимость устойчивости пены различной концентрации от амплитуды колебаний

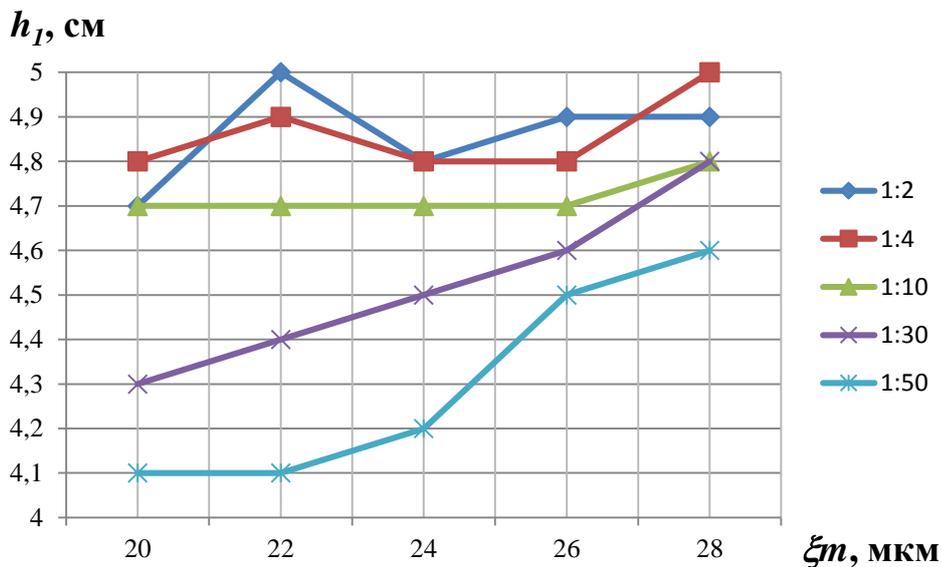


Рис. 3. Зависимость высоты столба пены различной концентрации от амплитуды колебаний

С увеличением амплитуды колебаний повышается устойчивость пены (рис. 2) и снижается скорость её оседания (рис. 3). Это связано с ростом скорости пенообразования в результате эффекта выпрямленной диффузии [10], заключающегося в том, что в процессе кавитации при расширении пузырька его поверхность больше, чем при сжатии, поэтому количество газа, диффундирующего внутрь пузырька, при расширении больше, чем количество газа, выходящего при сжатии. В результате повышенного газонасыщения начинается

активное пенообразование. Таким образом, с повышением амплитуды увеличивается количество пенных пузырьков и уменьшается их размер. Также процесс зависит от концентрации моющего средства, что подтверждается графиком (рис. 3): при всех концентрациях высота пенного столба составляет от 40 до 50 мм, т.е. при низких концентрациях образуется небольшое количество крупных пузырьков, а при высоких концентрациях - большое количество маленьких пузырьков.

Данные результаты коррелируют с ранее проведёнными исследованиями, результаты которых показали, что оптималь-

ные условия пенообразования создаются при амплитудах 25-30 мкм.

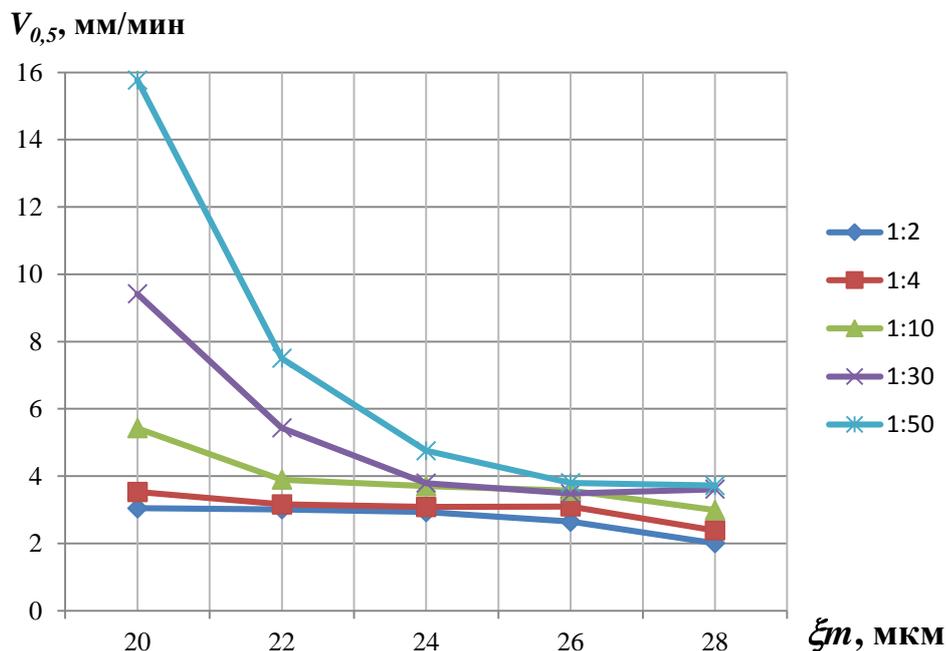


Рис. 4. Зависимость скорости оседания пены различной концентрации от амплитуды колебаний

Заключение

В результате проведённых исследований показано положительное влияние ультразвуковой обработки на процесс образования пены. При введении колебаний высокой интенсивности повышаются скорость пенообразования и устойчивость полученной пены, при этом уменьшается

средний размер пузырьков, что повышает смачивающую способность и ускоряет процесс взаимодействия с загрязнениями. Регулирование режимов ультразвуковой обработки обеспечивает возможность получения пен с заданными характеристиками для различных типов загрязнений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Карагодин В.И., Митрохин Н.Н. Ремонт автомобилей и двигателей. 2-е изд., стер. М.: Академия, 2003. 496 с.
2. Коробейник А.В. Ремонт автомобилей. Ростов н/Д: Феникс, 2004. 288 с. (Серия «Б-ка автомобилиста»).
3. Нигметзянов Р.И., Приходько В.М., Сундуков С.К. Разработка технологических установок для ультразвуковой очистки изделий автотракторной техники // Научные технологии в машиностроении. 2015. № 10 (52). С. 22-26.
4. Сундуков С.К., Фатюхин Д.С. Технология окрашивания изделий с использованием ультразвука // Вестник машиностроения. 2015. № 3. С. 38-43.
5. Казанцев В.Ф., Калачёв Ю.Н., Нигметзянов Р.И. [и др.]. Инструменты для ультразвуковой очистки: монография. М.: Техполиграфцентр, 2017. 181 с.
6. Конов С.Г., Котобан Д.В., Сундуков С.К., Фатюхин Д.С. Перспективы применения ультразвуковых технологий в аддитивном производстве // Научные технологии в машиностроении. 2015. № 9 (51). С. 28-34.
7. Ливанский А.Н., Нигметзянов Р.И., Сундуков С.К., Фатюхин Д.С. Ультразвуковая обработка дисперсных систем / Вестник машиностроения. 2017. № 9. С. 62-68.
8. Нигметзянов Р.И., Сундуков С.К., Сухов А.В., Фатюхин Д.С. Ультразвуковой способ получения моющих пен // Вестник машиностроения. 2018. № 12. С. 78-82.
9. Гриб В.В., Лёвушкина Н.В., Нигметзянов Р.И., Сундуков С.К., Сухов А.В. Применение ультразвука при получении пен, применяемых для мойки изделий машиностроения // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета. 2018. № 12. С. 10-14.

- ственного технического университета (МАДИ). 2017. № 1 (48). С. 43-49.
10. Казанцев В.Ф., Фатюхин Д.С. О механизме дегазации при высокоамплитудной ультразвуковой жидкостной обработке / Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). 2013. № 3. С. 37-42.
 1. Karagodin V.I., Mitrokhin N.N. *Repair of Motor-Cars and Engines*. 2-d Stereotype Edition. M.: Academy, 2003. pp. 496.
 2. Korobeinik A.V. *Motor-car Repair*. Rostov-upon-Don: Phoenix, 2004. pp. 288. (Series "Motorist's Library").
 3. Nigmatzyanov R.I., Prikhodko V.M., Sundukov S.K. Development of technological regulations for ultrasonic cleaning of car-tractor engineering products // *Science Intensive Technologies in Mechanical Engineering*. 2015. No.10 (52). pp. 22-26.
 4. Sundukov S.K., Fatyukhin D.S. Technology for product coloration using ultrasound // *Bulletin of Mechanical Engineering*. 2015. No.3. pp. 38-43.
 5. Kazantsev V.F., Kalachyov Yu.N., Nigmatzyanov R.I. [et al.]. *Tools for Ultrasonic Cleaning*: monograph. M.: Technopolygraphcenter, 2017. pp. 181.
 6. Konov S.G., Kotoban D.V., Sundukov S.K., Fatyukhin D.S. Outlooks in application ultrasonic technologies in additive production // *Science Intensive*

вой жидкостной обработке / Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). 2013. № 3. С. 37-42.

- Technologies in Mechanical Engineering*. 2015. No.9 (51). pp. 28-34.
7. Livansky A.N., Nigmatzyanov R.I., Sundukov S.K., Fatyukhin D.S. Ultrasonic treatment of dispersion systems // *Bulletin of Mechanical Engineering*. 2017. No.9. pp. 62-68.
 8. Nigmatzyanov R.I., Sundukov S.K., Sukhov A.V., Fatyukhin D.S. Ultrasonic method for washing foam manufacturing // *Bulletin of Mechanical Engineering*. 2018. No.12. pp. 78-82.
 9. Grib V.V., Lyovushkina N.V., Nigmatzyanov R.I., Sundukov S.K., Sukhov A.V. Ultrasound application in manufacturing foams used for engineering product washing // *Bulletin of Moscow Motor-Car Road State Technical University (MADI)*. 2017. No.1 (48). pp. 43-49.
 10. Kazantsev V.F., Fatyukhin D.S. On degassing mechanism during high-amplitude ultrasonic liquid treatment // *Bulletin of Moscow Motor-Car Road State Technical University (MADI)*. 2013. No.3. pp. 37-42.

Ссылка для цитирования:

Демьянушко И.В., Лужнов Ю.М., Карцов С.К., Сухов А.В., Крамаренко А.Ю. Влияние ультразвуковой обработки на устойчивость моющих пен // Вестник Брянского государственного технического университета. 2019. № 12. С. 62–67. DOI: 10.30987/1999-8775-2019-2019-12-62-67.

Статья поступила в редакцию 15.11.19.

Рецензент: д.т.н., профессор Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета

Александров В.Д.

Статья принята к публикации 29. 11. 19.

Сведения об авторах:

Демьянушко Ирина Вадимовна, д.т.н., профессор Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ), e-mail: demj-ir@mail.ru.

Лужнов Юрий Михайлович, д.т.н., профессор Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ), e-mail: mitriy@newmail.ru.

Карцов Сергей Константинович, д.т.н., доцент Московского автомобильно-дорожного госу-

дарственного технического университета (МАДИ), e-mail: sergey-lefmo@yandex.ru.

Сухов Александр Вадимович, лаборант Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ), e-mail: sukhov-aleksandr96@mail.ru.

Крамаренко Александр Юрьевич, магистрант Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ), e-mail: akramarenkoa@yandex.ru.

Demiyanyushko Irina Vadimovna, Dr. Sc. Tech., Prof. of Moscow Automobile and Road Construction State Technical University (MADI), e-mail: demj-ir@mail.ru.

Luzhnov Yury Mikhailovich, Dr. Sc. Tech., Prof. of Moscow Automobile and Road Construction State Technical University (MADI), e-mail: mitriy@newmail.ru.

Kartsov Sergey Konstantinovich, Dr. Sc. Tech., Assistant Prof. of Moscow Automobile and Road Con-

struction State Technical University (MADI), e-mail: sergey-lefmo@yandex.ru.

Sukhov Alexander Vadimovich, Laboratory assistant of Moscow Automobile and Road Construction State Technical University (MADI), e-mail: sukhov-aleksandr96@mail.ru.

Kramarenko Alexander Yurievich, Master degree student of Moscow Automobile and Road Construction State Technical University (MADI), e-mail: akramarenkoa@yandex.ru.