

Рис. 3. График демонстрационной функции «оператора сомнений»

Подтверждением является график функции количества информации H необходимого для разрешения неопределенности (формула Шеннона) при двоичном исходе p и $(1 - p)$ [6]

$$H = p \log_2 \frac{1}{p} + (1 - p) \log_2 \frac{1}{1 - p}. \quad (12)$$

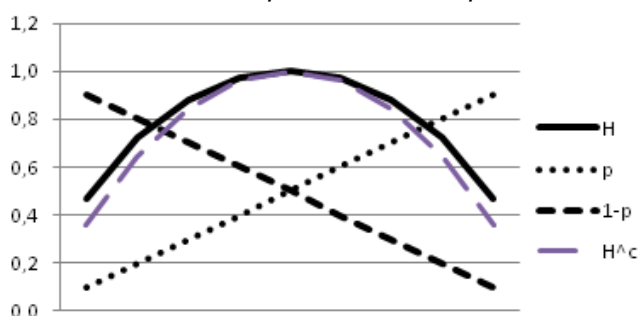


Рис. 4. Графики функций Шеннона (H) и степенной ($H^{1,35}$)

На рисунке 4 приведен графический вид данной зависимости. Сравнивая графики, представленные на рисунках 3 и 4, при некоторой разнице в абсолютных значениях, оказывается, что характер зависимостей представляет собой параболу. Использование степенного коэффициента 1,35 можно достичь совпадения зависимостей до третьего знака после запятой (на рисунке 4 кривая $H^{1,35}$).

Неравновероятность вариантов (исходов) снижает степень неопределенности и, тем самым, уменьшает количество информации, необходимой для ее разрешения. По мере накопления информации и возрастания определенности ценность информации падает, а при превышении заданного порога определенности она теряет ценность и считается избыточной.

Таким образом, предлагаемый «оператор сомнения» позволяет автоматизировать процесс определения эффективности получения и достоверность диагностического заключения и является индикатором ценности (значимости) получаемой совокупности диагностических данных.

IVANOU V.P., UVAROU G.A. Perfection of system of diagnosing petrol automobile engines

In article it is offered to automate the analysis of the data received tool vibroacoustic by a method together with the data of other methods, thus, for overcoming of combinatory complexity it is offered to use a mathematical apparatus indistinct clustering.

УДК 66.013.8

Иванов В.П., Дронченко В.А.

РАЗРУШЕНИЕ ПОВЕРХНОСТИ РАЗДЕЛА ДВУХ НЕСМЕШИВАЮЩИХСЯ ЖИДКОСТЕЙ ПРИ ЭМУЛЬГИРОВАНИИ

Введение. Свежие растворы технических мощных средств умеренно токсичны, но по мере использования и накопления в них

Система позволяет объединить разрозненные данные в единый информационный блок. На начальном этапе вводятся данные, получаемые в результате опроса клиента и тест-драйва (эксплуатационные симптомы). Этот базис симптомов дополняется информацией, получаемой в результате экспресс диагностирования (кодов само-диагностирования, изменения тока высокого напряжения системы зажигания, виброколебаний двигателя, динамических параметров отработавших газов и относительной компрессии цилиндров по току стартера). Далее в автоматическом режиме производится распределение весов возможных неисправностей по кластерам состояний элементов систем двигателя. При этом вычисления опираются на экспресс-диагностирование по результатам нарушений воспламенения и сгорания топливоздушонной смеси в цилиндрах. На следующем шаге производится углубленная проверка наиболее вероятного предположения с использованием базы справочной информации AutoDATA. Результат обладает высокой достоверностью.

Заключение. Исследована возможность повышения достоверности виброакустического диагностирования использованием компьютерных средств для анализа получаемой информации. Особенностью диагностирования автомобильных двигателей (как сложной системы) по параметрам виброакустических колебаний является многозначность информации, содержащейся в сигнале. Представление информации на основе постулатов теории нечетких множеств облегчает ее использование.

Порядок выполнения операций при диагностировании определяется диагностической программой, состоящей из математических и логически связанных алгоритмов. Предлагаемая методика отличается от существующих в других областях техники учетом конструктивных особенностей автомобильных двигателей и используемых для диагностирования инструментальных средств.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Левин, А.И. Концепция и технологии компьютерного сопровождения процессов жизненного цикла продукции / А.И. Левин, Е.В. Судов // Информационные технологии в наукоемком машиностроении. Компьютерное обеспечение индустриального бизнеса; под ред. А.Г. Братухина. – Киев: Техника. – 2001. – С. 612–625.
2. Харкевич, А.А. О ценности информации / А.А. Харкевич. // Проблемы кибернетики. – Вып. 4. – М.: Физматгиз, 1960. С. 53–57.
3. Теория информации и ее приложения (сб. переводов); под ред. А.А. Харкевича. – М.: Изд-во физ.-мат. лит., 1959. – 328 с.
4. Вятчинин, Д.А. Нечеткие методы автоматической классификации / Д.А. Вятчинин. – Минск: Технопринт, 2004. – 219 с.
5. Орлов, А.И. Системная нечеткая интервальная математика: монография (научное издание) / А.И. Орлов, Е.В. Луценко. – Краснодар, КубГАУ. 2014. – 600 с.
6. Шеннон, К. Работы по теории информации и кибернетике / К. Шеннон. – М.: Изд-во иностранной литературы, 1963. – 830 с.

Материал поступил в редакцию 12.01.15

нефтепродуктов становятся пожароопасными и более токсичными [1]. Это представляет угрозу здоровью и жизни работающих. Вопрос

Дронченко Владимир Александрович, старший преподаватель кафедры механики Полоцкого государственного университета, e-mail: v.dronchenko@psu.by. Беларусь, 211440, г. Новополоцк, Витебской обл., ул. Блохина, 29.

сы, связанные с охраной их труда от воздействия вредных факторов, связанных с влиянием на здоровье человека отработавших нефтесодержащих продуктов и растворов технических моющих средств не решены надлежащим образом. Существующие технологии регенерации и утилизации требуют больших капитальных вложений, что является непосильным для большинства предприятий.

В настоящее время разработаны и применяются следующие способы получения эмульсий: конденсационный, дисперсионные, ультразвуковые и прерывистого встряхивания с применением различного вида смесителей, шестеренчатых насосов, коллоидных мельниц, гомогенизаторов и другие. Наиболее широко используются способы механического перемешивания, позволяющие получать эмульсию с размером капель 200–500 мкм, однако такая эмульсия быстро расслаивается, что создает значительные трудности при практическом использовании.

Проведенные в ПГУ научные исследования позволили разработать технологию приготовления мелкодисперсной водомасляной эмульсии с высокой стабильностью, которая может успешно заменить товарный эмульсол, применяемый для смазки форм при производстве железобетонных изделий. Он практически не оставляет жирных пятен на изделиях и обладает стабильностью в течение 25–30 дней. Его себестоимость в 5–10 раз ниже, чем себестоимость товарного эмульсола [2–4].

Однако до сих пор не были изучены теоретически процессы, связанные с разрушением поверхности раздела двух сред при изготовлении эмульсии на основе отработавших нефтесодержащих продуктов и растворов технических моющих средств с помощью пневмоизлучателя, что значительно мешает дальнейшему развитию данной технологии.

Эмульгирование при вертикальных и горизонтальных вибрациях сосудов в различного рода смесителях и мешалках исследовано подробно. Вместе с тем, недостаточно изучено образование эмульсий в сосуде неограниченного объема под действием пульсаций скорости течения жидкостей. При решении задачи потери устойчивости пленки жидкости в газовом потоке установлено [5, 6], что воздействия пульсаций скорости на распад пленки на капли являются определяющими. Необходимо выявить закономерности и оценить влияние пульсаций скорости сред на потерю устойчивости поверхности раздела двух несмешивающихся жидкостей и размеры неразрушенных капель в эмульсии.

Цель работы – разработать математическую модель процесса разрушения поверхности раздела двух несмешивающихся жидкостей при приготовлении эмульсии с заданной стабильностью.

Объекты и методика исследования. Разрушение поверхностей раздела сред при эмульгировании, распад струй и капель рассматривались в [5–7]. Разрушение раздела двух несмешивающихся жидкостей происходит с проникновением тяжелой жидкости в более легкую [5, 7], сначала в виде узкого клина, который, с ростом возмущения поверхности, разрывается на капли.

Процесс распада зависит от вязкости, плотности и поверхностного натяжения жидкости, а также скорости течения и амплитуды её пульсации. Влияние вынуждающей силы резко ускоряет процесс [5, 7]. Разрушение поверхности раздела происходит, главным образом, при больших скоростях в режиме турбулентного течения [5, 7]. Генерируя в ёмкости с жидкостями пневматическим излучателем ударно-волновые процессы можно достигнуть роста неустойчивости поверхности раздела и её разрушения. В объёме жидкости кроме волновых явлений около ударно-волнового генератора будут возникать кавитационные процессы с образованием в жидкости воздушных полостей с последующим их быстрым захлопыванием [5, 7]. При этом жидкости в окрестности воздушного пузыря и часть нижележащей жидкости перемещаются по направлению к центру захлопывающегося пузыря. Образующиеся струи дробят капли эмульсии.

В момент захлопывания кавитационного пузыря мгновенные скорости жидкости могут достигать сверхзвуковых значений, что приводит к ударным микроволнам. Так при радиусе пузыря 1 мкм, частоте его пульсаций 4 МГц и амплитуде давления 0,4 МПа давление ударной микроволны достигнет нескольких сот МПа за время в 0,25 мс [5].

Стабильность эмульсии (способность сохранять свои первоначальные свойства по всему объёму с течением времени) определяется объёмом выделившегося не эмульгированного вещества в процентах от общего объёма эмульсии [5]. На стабильность эмульсии влияют ее концентрация, размер частиц и вязкость. Скорость оседания капель воды V в эмульсии выражается формулой Стокса

$$V = 2(\rho_2 - \rho_1) r^2 g / 9\eta,$$

где ρ_2 – плотность воды, кг/м³; ρ_1 – плотность эмульсии, кг/м³; r – радиус капли воды, мкм; g – ускорение свободного падения, м/с²; η – вязкость эмульсии, Па с.

Зависимость показывает, что скорость оседания капли пропорциональна квадрату её радиуса. Чем меньше радиус капли, тем выше стабильность эмульсии. Так, например, при размере в 30–50 мкм капля будет оседать более месяца на глубину 1 метр. Стабильность растёт с вязкостью жидкости и силой трения сдвига капель в эмульсии. С другой стороны на стабильность эмульсии влияет число возможных рекомбинаций, т.е. слияние мелких капель жидкости в более крупные.

В основе процесса формирования эмульсий лежит потеря гидродинамической устойчивости течения двух жидкостей.

Основная часть. Несмешивающиеся жидкости с плотностями ρ_1 и ρ_2 ($\rho_1 < \rho_2$) имеют вначале плоскую поверхность раздела. Размеры сосуда полагаются большими, так, что эффектами, связанными с наличием стенок, можно пренебречь и считать сосуд неограниченного объема. Под влиянием пульсаций скоростей жидкостей V_1 и V_2 на поверхности раздела возникает волновой рельеф (рис. 1), где ζ и ξ – верхняя и нижняя полуволны раздела, а P_1 и P_2 – давления жидкостей. Начало координат выберем таким образом, что в отсутствие возмущения тяжелая жидкость (вода) занимает область $y < 0$, а легкая (нефтяная фракция сточных вод) – $y > 0$. Рассмотрим течение вблизи поверхности раздела двух жидкостей и осуществим теоретический анализ потери устойчивости линии $y = 0$.

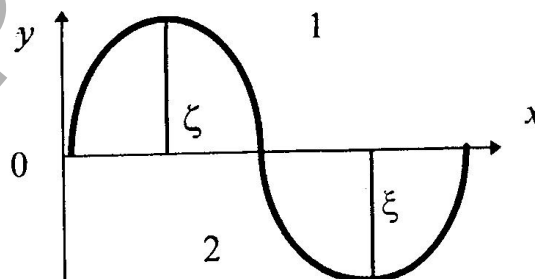


Рис. 1. Расчетная схема течения жидкостей: 1 – легкая жидкость; 2 – тяжелая жидкость

Равенство нормальных составляющих скорости на границе приводит к уравнениям

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + V_1 \frac{\partial \zeta}{\partial x} = \frac{\partial F_1}{\partial y}, \quad \frac{\partial \xi}{\partial t} + V_2 \frac{\partial \xi}{\partial x} = \frac{\partial F_2}{\partial y}, \quad (1)$$

где F_1, F_2 – потенциалы скорости возмущенного движения.

Учитывая равенство давления жидкостей 1 и 2 давлению поверхностного натяжения σ , имеем

$$P_1 = \sigma \frac{\partial^2 \zeta}{\partial x^2}, \quad -P_2 = \sigma \frac{\partial^2 \xi}{\partial x^2}. \quad (2)$$

Причем, текущее значение давления P_i при возмущенном движении вычисляем, используя интеграл Лагранжа-Коши

$$P_i = -P_i \left(\frac{\partial F_1}{\partial t} + V_i \frac{\partial F_i}{\partial x} \right). \quad (3)$$

Считаем, что течение является потенциальным и симметричным: $V_1 = V_2 = V(t)$, $\rho_1 \neq \rho_2$. Тогда будем искать решение записанной системы уравнений (1–3) в виде:

$$\begin{aligned} F_1 &= \exp(i\varphi x)A(t)\exp(-\varphi y); \\ F_2 &= \exp(l\varphi x)A(t)\exp(\varphi y); \\ \zeta &= -\xi = \exp(i\varphi x)B(t); \\ \varphi &= 2\pi/\lambda, \end{aligned}$$

где φ – волновое число, λ – длина волны; $A(t)$, $B(t)$ – неизвестные функции времени. Решая данные уравнения получаем

$$U'' + \left(\frac{2\sigma\varphi^3}{\rho_1 - \rho_2} + \varphi^2 V^2 \right) U = 0. \quad (4)$$

Введем в рассмотрение безразмерное время $\tau = \omega t$; ω – круговая частота пульсаций скорости), и тогда $U(4)$ есть $U(\tau)$ – новая неизвестная функция от времени в уравнении

$$U'' + \frac{1}{\omega^2} \left(\frac{2\sigma\varphi^3}{\rho_1 - \rho_2} + \varphi^2 V^2 \right) U = 0. \quad (5)$$

Исследование устойчивости осуществим в рамках метода малых возмущений, который состоит в том, что на первоначальное заданное течение накладывается небольшое по величине возмущение и определяется, будет ли с течением времени амплитуда возмущения уменьшаться или увеличиваться: если возмущение затухает, то система возвращается к первоначальному устойчивому течению, если же амплитуда возмущения возрастает, то создаются условия для эмульгирования жидкостей [5, 7]. Скорость потоков жидкости представим в форме

$$V = V_0 + \Delta V \psi(\tau), \quad (6)$$

где $\psi(\tau)$ – безразмерная периодическая функция, описывающая пульсации скорости потока.

Путем простых преобразований получим линеаризованное уравнение

$$U'' + \frac{1}{\omega^2} \left(\frac{2\sigma\varphi^3}{\rho_1 - \rho_2} + \varphi^2 V_0^2 + 2\varphi^2 V_0 \Delta V \psi + \varphi^2 \Delta V^2 \psi^2 \right) U = 0 \quad (7)$$

Введем обозначения: $\Lambda = \sigma\varphi / \rho_1 V_0^2$ – безразмерное волновое число; $E = \Delta V / V_0$ – безразмерная амплитуда пульсаций скорости потока; $Sh = \sigma\omega / \rho_1 V_0^3$ – критерий Струхала; $\Omega = \rho_2 / \rho_1$ – безразмерная плотность. Подставив безразмерные величины Λ , E , Sh и Ω в (7), получим следующее дифференциальное уравнение второго порядка

$$U'' + IU = 0, \quad I = \frac{1}{1-\Omega} \left(2\Lambda^2 + \Lambda^2(1-\Omega)(1+E\psi)^2 \right) \frac{1}{Sh^2}. \quad (8)$$

Вводим замену $a = (I_+ + I_-) / 2$, $b = (I_+ - I_-) / 2$, где I_+ и I_- – значения функции $I(\psi)$, соответственно, при $\psi = 1$, $\psi = -1$. В этих новых обозначениях уравнению (8) придадим вид

$$U'' + (a + b\psi)U = 0, \quad (9)$$

где $a = \frac{1}{1-\Omega} \left(2\Lambda^3 + \Lambda^2(1-\Omega)(1+E^2) \right) \frac{1}{Sh^2}$; $b = 2\Lambda^2 \frac{E}{Sh^2}$.

Уравнение (9) представляет собой аналог уравнения Хилла, которое, согласно [7], имеет решение вида $\exp(\mu\tau)G(\tau)$, где $G(\tau)$ – периодическая функция с действительным периодом 2π , а μ – характеристический показатель, зависящий от a и b .

Решение $G(\tau)$ будет устойчивым или неустойчивым в зависимости от того будет ли число $\mu = \mu_r + i\mu_i$ мнимым или будет иметь действительную часть. Рассмотрим решения, которые соот-

ветствуют $\mu_r > 0$, и найдем зависимость μ_r от параметров Λ , E и Sh . Именно дисперсионные кривые $\mu_r = f(\Lambda, E, Sh)$ позволяют определять то значение волнового числа, которое соответствует максимально растущему возмущению. Другими словами, зависимость $f(\Lambda, E, Sh)$ определяет длину волны наиболее неустойчивого возмущения и наименьший размер капли в эмульсии.

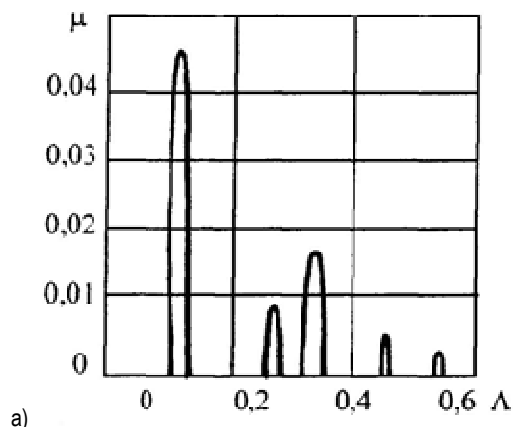
Для случая выбранной формы импульсной функции $\psi(\tau)$ показатель μ легко вычисляется при любых значениях a и b по формуле:

$$\begin{aligned} ch2\pi\mu &= \cos(\pi\sqrt{a+b})\cos(\pi\sqrt{a-b}) \times \\ &\times \frac{a}{\sqrt{a+b}\sqrt{a-b}} \sin(\pi\sqrt{a+b})\sin(\pi\sqrt{a-b}). \end{aligned} \quad (10)$$

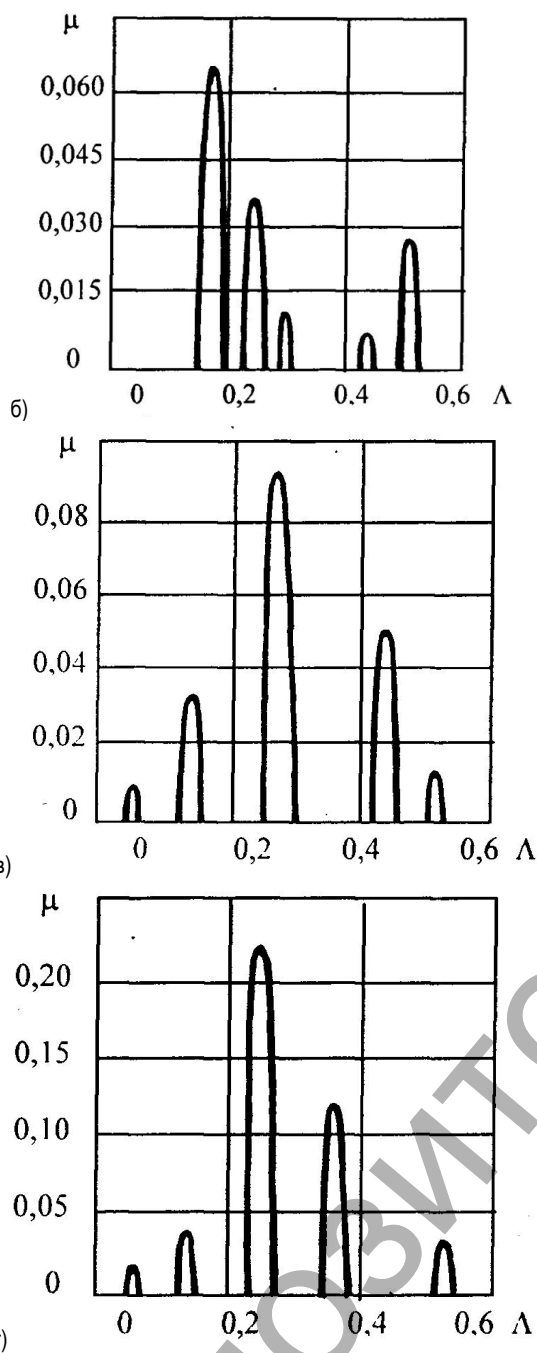
Дисперсионные кривые $\mu_r = f(\Lambda)$, полученные в результате численного решения уравнения (10) для значений числа $Sh = 0,5; 1,0$ и $E = 0,5; 1,0$ приведены на рисунке 2, из которого видно, что возникает несколько областей неустойчивости. Пульсации скорости течения существенно влияют на характер и особенности распада поверхности раздела двух несмешивающихся жидкостей. Смещение положения максимума полученной кривой μ_r в сторону больших волновых чисел при одновременном увеличении параметра пульсации скорости потока от $E = 0,5$ до $E = 1,0$ приводит к уменьшению размеров капель в эмульсии. На рисунке представлена рассчитанная зависимость волнового числа наиболее неустойчивого возмущения Λ_{max} от критерия Sh при $\Omega = 0,85$; $E = 1,0$. Из рисунка следует, что с увеличением численных значений критерия Струхала наблюдается тенденция возрастания исследуемого параметра. Причем с ростом величины Sh темп увеличения волнового числа максимально неустойчивого возмущения уменьшается. Характер изменения волнового числа в диапазоне чисел Sh от 0 до 0,2 носит нестабильный характер.

Полученные выше теоретические результаты могут быть использованы для приближенной оценки характеристик процесса разрушения границы раздела двух несмешивающихся жидкостей под действием пульсаций скорости течения [7]. Для определения влияния круговой частоты пульсаций скорости ω на возмущение поверхности раздела жидкостей выразим через отношение $\frac{\sigma}{\rho_1}$ зависимость безразмерного волнового числа Λ_{max} от критерия Sh и найдем зависимость длины волны λ на поверхности раздела жидкостей от круговой частоты пульсаций скорости ω

$$\lambda = \frac{2\pi Sh V_0}{\Lambda_{max} \omega}. \quad (11)$$



а)



а) $Sh = 0,5$; $E = 0,5$; б) $Sh = 0,5$; $E = 1,0$; в) $Sh = 1,0$; $E = 0,5$; г) $Sh = 1,0$; $E = 1,0$

Рис. 2. Дисперсионные кривые при различных расчетных параметрах

Отношение Sh / Λ_{max} в (11) лежит в границах от 3 до 12 для значений волнового числа максимально неустойчивого возмущения $0,2 < \Lambda_{max} < 2,51$ (рис. 3). Для определения средней скорости течения потока выразим из функции $\Lambda = f(V_0^2, \phi, \sigma)$ переменную

$$V_0 = \sqrt{\frac{2\pi\sigma}{\lambda\rho_1\Lambda}} \quad (12)$$

и зададимся границами значений коэффициента поверхностного натяжения $0,03 < \sigma < 0,074$ Н/м, плотности легкой жидкости $750 < \rho_1 < 950$ кг/м³, длиной волны $20 < \lambda < 200$ мкм и соответствующими данной области λ значениями волнового числа

$0,2 < \Lambda_{max} < 2,5$. Расчет показывает, что изменение V_0 лежит в пределах от 0,98 до 2,73 м/с.

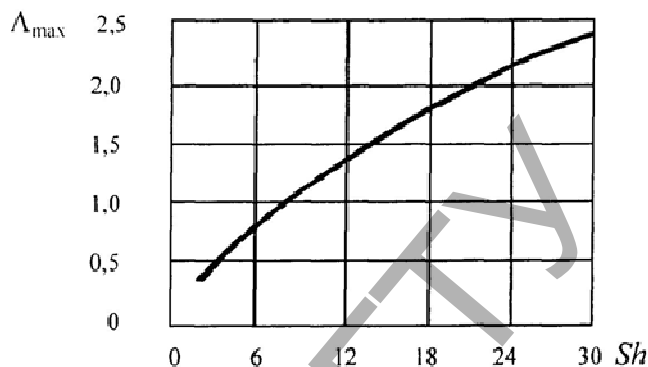


Рис. 3. Зависимость волнового числа максимально неустойчивого возмущения Λ_{max} от критерия Струхала

При снижении величины средней скорости течения и росте круговой частоты пульсации ω происходит уменьшение длины волны на поверхности раздела жидкостей. Увеличение волнового числа Λ_{max} и критерия Sh приводит к уменьшению длины волны поверхности раздела двух несмешивающихся жидкостей. Изменение величин плотностей жидкостей также оказывает влияние на поведение поверхности раздела. Повышение плотности более легкой жидкости приводит к росту неустойчивости поверхности раздела, а при $\rho_1 > \rho_2$ (тяжелая жидкость сверху) плоская поверхность раздела жидкости абсолютно неустойчива и всегда найдутся возмущения, ведущие к потере устойчивости.

Рассмотрим влияние поверхностного натяжения жидкости на волновой рельеф поверхности раздела. Выразим из функции безразмерного волнового числа длину волны λ

$$\lambda = \frac{2\pi\sigma}{\Lambda\rho_1 V_0^2} \quad (13)$$

Из зависимости видно, что с ростом σ увеличивается длина волны поверхности раздела двух несмешивающихся жидкостей. Используем полученные результаты для приближенной оценки размеров неразрушенных каплей в эмульсии. В [7] указывается, что от поверхности жидкости с длиной волны λ открывается капля радиусом $r = \lambda / 4$, а после отрыва капли на поверхности раздела остаются волны, амплитуда которых $\zeta + \xi = \lambda / 8$. Эти волны являются начальными возмущениями для последующего отрыва каплей. Таким образом, к уменьшению размера неразрушенной капли в эмульсии и, следовательно, к повышению ее стабильности приводят увеличение волнового числа максимально неустойчивого возмущения и критерия Sh , повышение плотности более легкой жидкости, уменьшение скорости течения при одновременном росте круговой частоты ее пульсации и снижение величины поверхностного натяжения жидкости.

Заключение Установлены закономерности зависимости длины волны и размера неразрушенной капли в эмульсии от параметров волнового числа Λ_{max} , критерия Sh , средней скорости течения жидкостей и ее круговой частоте пульсаций, плотностей сред и их поверхностного натяжения, которые позволили значительно сократить объем экспериментальных исследований по получению эмульсии на основе отработавших нефтесодержащих продуктов и растворов технических моющих средств, с заранее заданной стабильностью. В результате появляются возможности для широкого использования предложенных технологий, что позволит решить вопрос охраны труда работника от воздействия вредных факторов, связанных с влиянием на здоровье человека отработавших нефтесодержащих продуктов и растворов технических моющих средств.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Тельнов, Н.Ф. Очистка машин и вопросы экологии / Н.Ф. Тельнов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1996. – № 4. – С. 14–17.
2. Дронченко, В.А. Рециклинг жидких производственных отходов, содержащих нефтепродукты / В.А. Дронченко // Ресурсосберегающие и экологически чистые технологии; под ред. А.И. Свириденка. – Ч. II. – Труды второй науч.-техн. конф. – Гродно, 1997. – С. 308–311.
3. Barancucov, M. Methods for re-use of waste metalworking faculties at an engineering plant / M. Barancucov, V. Dronchenko // European and National dimension in research: Materials of junior researchers' IV conf.: in 3 parts. – Part 3. Technology. – Novopolotsk, PSU, 2012. – P. 65–67.
4. Kuzmich, R. Emulsol on the basis of used oil product / R. Kuzmich, A. Maksimchuk, V. Dronchenko // National and European dimension in research: Materials of junior researchers' III conf.: in 3 parts. – Part 1. Technology. – Novopolotsk, PSU, 2011. – P. 40–41.
5. Эмульсии / Под ред. Ф. Шермана; пер с англ. под ред. А.А. Абрамзона // Химия. – Л., 1972. – 448 с.
6. Gopal, E.S.R. Kolloid Chemistry / E.S.R. Gopal // Oxford, 1959. – 122 p.
7. Gopal, E.S.R. Rheology of Emulsions / E.S.R. Gopal // Oxford, 1963. – 130 p.

Материал поступил в редакцию 12.01.15

IVANOV V.P., DRONCHENKO V.A. The destruction of the interface of two immiscible liquids during emulsification

Presents an analysis of the solution of the question of the protection of workers from the harmful effects on human health of spent petroleum products and technical solutions of detergents by making fine emulsions with its subsequent use as a lubricant forms in the production of concrete products. Theoretical issues associated with the process of destruction of the interface of two liquid media during emulsion preparation using pneumocytes The dependence of the wavelength and the size of the intact droplets in the emulsion on the parameters of the wave number of the most unstable perturbations criterion of strugala, the average velocity of the fluid and its circular frequency ripple, density and surface tension.

УДК 621.91.002

Медведев О.А., Олехник М.А., Ниничук А.В.

АНАЛИЗ ПРИЕМЛЕМОСТИ ПРИГОНОЧНЫХ РАБОТ ДЛЯ ДОСТИЖЕНИЯ ТОЧНОСТИ СБОРКИ МАШИН

Состояние вопроса и постановка задач исследования. Для многозвенных размерных цепей с узким допуском замыкающего звена достижение его точности методами полной или неполной взаимозаменяемости может оказаться экономически не целесообразным или технически недостижимым из-за необходимости выдерживать очень малые допуски составляющих звеньев. В таких случаях обеспечить попадание замыкающего звена в пределы узкого допуска, при широких допусках составляющих звеньев, можно целенаправленным, индивидуальным для каждого изделия, изменением одного из составляющих звеньев. Это специально выделенное звено называют компенсатором. Его размер можно изменить путем удаления слоя материала точением, фрезерованием, шлифованием, шабрением, опилением, то есть пригонкой. Способ пригонки должен соответствовать форме обрабатываемой поверхности компенсатора, свойствам его материала и обеспечивать возможность удаления максимального припуска на пригонку за один проход.

Для определения размера компенсатора, требуемого в конкретном экземпляре изделия, обычно выполняется предварительная сборка этого экземпляра без компенсатора. При этом на место замыкающего звена устанавливается эталон. Размер эталона равен требуемому среднему значению замыкающего звена. Затем измеряется полость, которую должен заполнить компенсатор, чтобы замыкающее звено было равно эталону, и компенсатор пригоняется к измеренному значению. После частичной разборки экземпляра изделия эталон удаляется и выполняется окончательная сборка этого объекта с пригнанным компенсатором.

Индивидуальной пригонкой компенсатора устраняется прямая зависимость замыкающего звена от остальных составляющих звеньев, а отклонение замыкающего звена от его среднего значения будет равно отклонению компенсатора после пригонки от размера полости, которая измерялась при предварительной сборке.

Если местоположение компенсатора недоступно для измерения,

то при предварительной сборке туда устанавливается эталон компенсатора размером K_3 , измеряется полученное замыкающее звено $A_{\Delta u}$ и рассчитывается требуемый размер компенсатора с учетом требуемого среднего значения замыкающего звена $A_{\Delta c}$ по следующим формулам:

- для уменьшающего компенсатора
$$\bar{K} = \bar{K}_3 - (A_{\Delta c} - A_{\Delta u}); \quad (1)$$

- для увеличивающего компенсатора
$$\bar{K} = \bar{K}_3 + (A_{\Delta c} - A_{\Delta u}). \quad (2)$$

Таким образом, метод пригонки позволяет уменьшить требования к точности изготовления составляющих звеньев, но из-за большой трудоемкости предварительной сборки-разборки изделия, измерения и пригонки компенсатора он обычно применяется в единичном и мелкосерийном производстве.

Широко применяемым частным случаем пригонки является обработка компенсатора в сборе (без снятия с изделия). Обычно в таком случае компенсатор является носителем границы замыкающего звена и открыт для доступа режущего инструмента. Например, для достижения соосности посадочных отверстий шпинделя и пиноли задней бабки высокоточного токарного станка выполняется зенкерование и развертывание отверстия пиноли инструментами, установленными в отверстия шпинделя станка-изделия.

При пригонке компенсатора вне изделия он должен удовлетворять следующим требованиям:

- технологичная конструкция компенсатора (охватываемый элемент, ограниченный поверхностями простой формы, малые габариты и масса, хорошая обрабатываемость материала);
- пригоняемый размер компенсатора может входить, как составляющее звено, лишь в одну сборочную конструкторскую размерную цепь;

Медведев Олег Анатольевич, к.т.н., зав. кафедрой технологии машиностроения Брестского государственного технического университета.

Олехник Максим Анатольевич, студент машиностроительного факультета Брестского государственного технического университета.

Ниничук Анна Витальевна, студентка машиностроительного факультета Брестского государственного технического университета. Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.