

ПОВЕДЕНИЕ КАПЛИ ОТРАБОТАННОГО МАСЛА В ЖИДКОЙ СРЕДЕ

Латышенко М.П.,

к.т.н., доцент, КузГТУ, г. Кемерово

latishenko_mp@gmail.com

Герасименко С.В.,

к.т.н., доцент, КузГТУ, г. Кемерово

s.v.gerasimenko@gmail.com

Материалы II международной научно-практической конференции “Современные тенденции и инновации в науке и производстве”, г. Междуреченск, 3-5 апреля 2013 г.

BEHAVIOUR OF THE DROP OF THE FULFILLED OIL IN THE LIQUID ENVIRONMENT

Latishenko M.P.,

Cand. Tech. Sci., associate professor, KuzSTU, Kemerovo

Gerasimenko S.V.,

Cand. Tech. Sci., associate professor, KuzSTU, Kemerovo

Materials of the Second international scientific and practical conference “Current Trends and Innovations in Science and Production”, Mezhdurechensk, 3-5 of April, 2013.

Загрязнения, вызванные выбросом отработанного масла из автомобилей, являются опасным с точки зрения экологии и в то же время малоизученным явлением, что не позволяет разработать качественные методы борьбы с ним.

Для создания адекватной методики определения загрязнений от отработанного масла необходимо изучить механизмы загрязнений в различных природных и климатических условиях. Одним из наиболее часто встречающихся условий являются те, при которых загрязняющий фактор (в нашем случае это отработанное масло) взаимодействует со слоем жидкости.

При помощи лабораторной установки ПК-1 были проведены испытания с падающей в жидкость и на сухую поверхность каплей отработанного масла. Варьировались высота падения, типы масел. Результаты в случае с сухой ровной поверхностью для

различных высот падения и видов масел при равном количестве капель отличались незначительно (рис. 1), что позволяет нам рассматривать в расчётах общий случай без учёта свойств масел, приняв среднюю высоту падения.

В ходе испытаний было замечено, что падающая в воду капля масла либо остаётся на поверхности воды, постепенно растекаясь (рис. 2, в), либо проходит сквозь слой жидкости и прилипает к твёрдой поверхности (рис. 2, г). В первом случае при стечении воды масло будет утекать вместе с водой. Во втором капля будет вести себя так же, как и при падении на сухую поверхность. Очевидно, что различия в поведении капли обусловлены неравными толщинами слоя жидкости – H . Необходимо определить критическое значение – H_{\max} , максимальная глубина, которую капля может пройти насквозь, оставшись под водой.

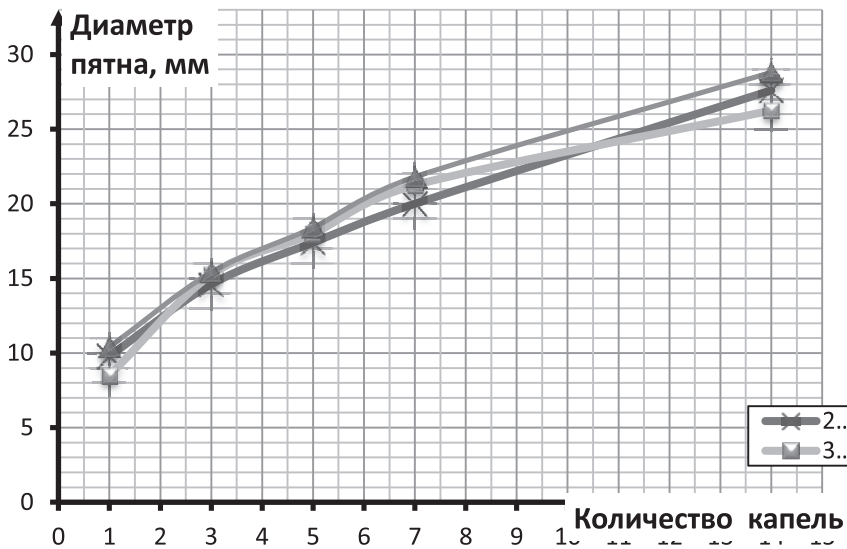


Рис. 1. Зависимость диаметра пятна от количества капель

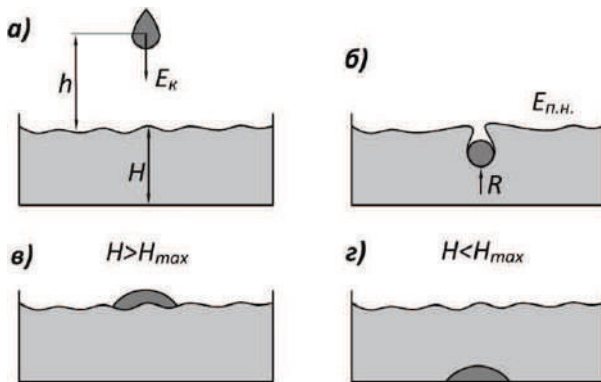


Рис. 2. Взаимодействие капли масла и слоя воды

Рассмотрим действующие в данной системе силы (рис. 2). Падающая капля обладает потенциальной энергией, равной:

$$E_k = m_k g h,$$

где h – высота падения капли, ($h = 0,36\text{м}$),

g – ускорение свободного падения ($g = 9,81\text{м/с}^2$),

m_k – масса капли, которую можно определить по формуле:

$$m_k = \rho_k \cdot V_k,$$

где ρ_k – плотность масла ($\rho_k \approx 980\text{кг/м}^3$),

V_k – объём капли.

Рассчитывая объём капли, как объём шара радиусом r , при $r_{cp} = 5 \cdot 10^{-3}\text{м}$ получим:

$$V_k = \frac{4}{3} \pi r^3 = \frac{4}{3} \cdot 3,14 \cdot (5 \cdot 10^{-3})^3 = 5,24 \cdot 10^{-7} \text{ м}^3.$$

Тогда масса капли будет равна

$$m_k = 980 \cdot 5,24 \cdot 10^{-7} = 5,13 \cdot 10^{-4} \text{ кг}.$$

$$E_k = 5 \cdot 10^{-4} \cdot 9,81 \cdot 0,36 = 1,766 \cdot 10^{-3} \text{ Дж}.$$

Вода имеет энергию поверхностного натяжения:

$$E_{п.н.} = \sigma \cdot S_{п.},$$

где σ – поверхностное натяжение воды ($\sigma = 0,07286 \text{ Н/м}$),

$S_{п.}$ – площадь поверхности воды.

Для поверхности, ограниченной окружностью диаметром d , при $d = 0,15\text{м}$ площадь будет равна:

$$S_{\Pi} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,15^2}{4} = 0,02 \text{ м}^2.$$

$$E_{\Pi.Н.} = 0,07286 \cdot 0,02 = 1,29 \cdot 10^{-3} \text{ Дж.}$$

Кроме того, движению капли будет препятствовать сила сопротивления воды движению R , равная:

$$R = C \cdot \frac{\rho v^2}{2} \cdot S_{\text{к}},$$

где C – безразмерный коэффициент,

ρ – плотность воды (1000 кг/м^3),

v – скорость капли в момент удара.

$$v = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \cdot 9,8 \cdot 0,36} = 2,66 \frac{\text{м}}{\text{с}},$$

$S_{\text{к}}$ – площадь максимального сечения капли.

Считая сечение капли круглым, площадь можно определить как:

$$S_{\text{к}} = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot (0,01)^2}{4} = 7,85 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2,$$

$$R = 0,4 \cdot \frac{1000 \cdot (2,66)^2}{2} \cdot 7,85 \cdot 10^{-5} = 0,11 \text{ Н.}$$

Чтобы пройти слой жидкости, потенциальная энергия падающей капли $E_{\text{к}}$ должна превысить энергию поверхностного натяжения воды $E_{\Pi.Н.}$ и силу сопротивления воды движению R на глубину H , то есть:

$$E_{\text{к}} - E_{\Pi.Н.} = R \cdot H.$$

Тогда максимальная толщина слоя, который капля сможет пройти насквозь, определится как:

$$H_{\text{max}} = \frac{E_{\text{к}} - E_{\Pi.Н.}}{R}.$$

При подстановке получим:

$$H_{\text{max}} = \frac{1,766 \cdot 10^{-3} - 1,29 \cdot 10^{-3}}{0,11} = 4,72 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 4,7 \text{ мм}$$

Таким образом, нами разработан механизм взаимодействия капли отработанного масла и слоя воды. При этом получена критическая глубина $H_{\text{max}} = 4,7 \text{ мм}$ при наших условиях. Если толщина слоя воды будет превышать H_{max} , капля масла будет оставаться на поверхности воды, со временем растекаясь. Если же слой воды окажется меньше критического значения, энергии капли будет достаточно и она, пройдя воду, «прилипнет» к поверхности дна.

Список литературы

1. Гегузин Я. Е. Капля. – М.: Наука, 1973.
2. Трофимова Т.И. Курс физики. – М.: Высшая школа, 2007.
3. Чугаев Р.Р. Гидравлика. – Л.: Энергоиздат, 1982.