

Александр Сергеевич СТЕПАНОВ¹
Александр Анатольевич ВАКУЛИН²

УДК 532.64.08

ВЛИЯНИЕ АДСОРБИРОВАННЫХ УГЛЕВОДОРОДОВ НА ИЗМЕНЕНИЕ СВОБОДНОЙ ПОВЕРХНОСТНОЙ ЭНЕРГИИ ТВЕРДЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

¹ аспирант кафедры механики многофазных систем,
Физико-технический институт,
Тюменский государственный университет
stepanovsanya45@mail.ru

² доктор технических наук,
профессор кафедры механики многофазных систем,
Физико-технический институт,
Тюменский государственный университет
aavakulin@mail.ru

Аннотация

Расширение топливно-энергетического комплекса, связанное с нефте- и газодобычей выводит вопросы переработки, очистки, осушки и экспорта углеводородного сырья на первый план. Нефте- и газопереработка сталкиваются с проблемой адсорбции углеводородов на твердой поверхности, оказывающее негативное влияние на производственные процессы. Изучение процесса адсорбции углеводородов вызвано практическими задачами, в частности, из сектора метрологического обеспечения производства. Действительно, существующая методика поверки/градуировки газоанализаторов-сигнализаторов ГКПС17.41.00.000 РЭ, настроенных на дозрывные концентрации паров углеводородов (бензин, дизельное топливо), не учитывает адсорбцию газообразного вещества на стенках поверочной/градуировочной установки для создания поверочных

Цитирование: Степанов А. С. Влияние адсорбированных углеводородов на изменение свободной поверхностной энергии твердых поверхностей / А. С. Степанов, А. А. Вакулин // Вестник Тюменского государственного университета. Физико-математическое моделирование. Нефть, газ, энергетика. 2018. Том 4. № 3. С. 23-35.
DOI: 10.21684/2411-7978-2018-4-3-23-35

газовых смесей (ПГС), что приводит к систематической ошибке/погрешности настраиваемых средств измерений. Целью данного исследования являлось экспериментальное определение краевых углов смачивания и свободных поверхностных энергий (СПЭ) материалов, входящих в установки для приготовления ПГС. В работе приведено описание экспериментальной установки по определению краевого угла смачивания, метод ван Осса, предназначенный для определения энергетических характеристик поверхностей твердых тел, представлены фотографии смачивания этих поверхностей тестовыми жидкостями. Обсуждаются вопросы, связанные с изменением СПЭ твердых тел. Приведены результаты экспериментов и представлены материалы (альтернативные применяемым в настоящее время), рекомендуемые авторами для модернизации установки поверки/градуировки газоанализаторов для снижения систематической погрешности в определении концентрации ПГС.

Ключевые слова

Адсорбция, пары углеводородов, краевой угол смачивания, метод ван Осса, систематическая погрешность.

DOI: 10.21684/2411-7978-2018-4-3-23-35

Введение

Отечественная газовая промышленность является важнейшей частью топливно-энергетического комплекса (ТЭК) и поставщиком основного экспортируемого товара страны — газового углеводородного сырья. Контроль качества этого товара имеет несомненно важное значение.

В различных областях промышленности широко используется процесс адсорбции. В частности, для очистки, осушки, поглощения вредных примесей в медицине (очистка крови — гемосорбция, плазмы — плазмосорбция, лимфы — лимфосорбция). Для рекуперации, хранения и др. — в ТЭК. Адсорбция как поверхностное явление может оказывать и негативное влияние на производственные процессы, связанные с нефте- и газопереработкой. Следовательно, изучение процесса адсорбции паров углеводородов (УВ) на твердой поверхности, несомненно, является актуальной задачей [6].

Постановка задачи

Актуальность изучения процесса адсорбции углеводородов на твердой поверхности вызвана практическими задачами российского масштаба. Действительно, государственная аттестованная методика настройки и поверки газосигнализаторов ГКПС17.41.00.000 РЭ [2], настроенных на пары УВ (бензин, диз. топливо) не учитывает адсорбцию паров УВ на стенках установки для создания поверочных газовых смесей (далее ПГС) УВ статическим методом. Данное обстоятельство вносит существенную систематическую погрешность при создании ПГС, что отрицательно сказывается при проведении поверочных и градуировочных работ. Подробное описание принципа работы установки, метода пригото-

ления ПГС и оценки систематической погрешности представлено в статье [5]. Схема установки приведена на рис. 1.

Объектом представленных исследований являются поверхности, входящие в состав установки для поверки и настройки газоанализаторов, такие как орга-

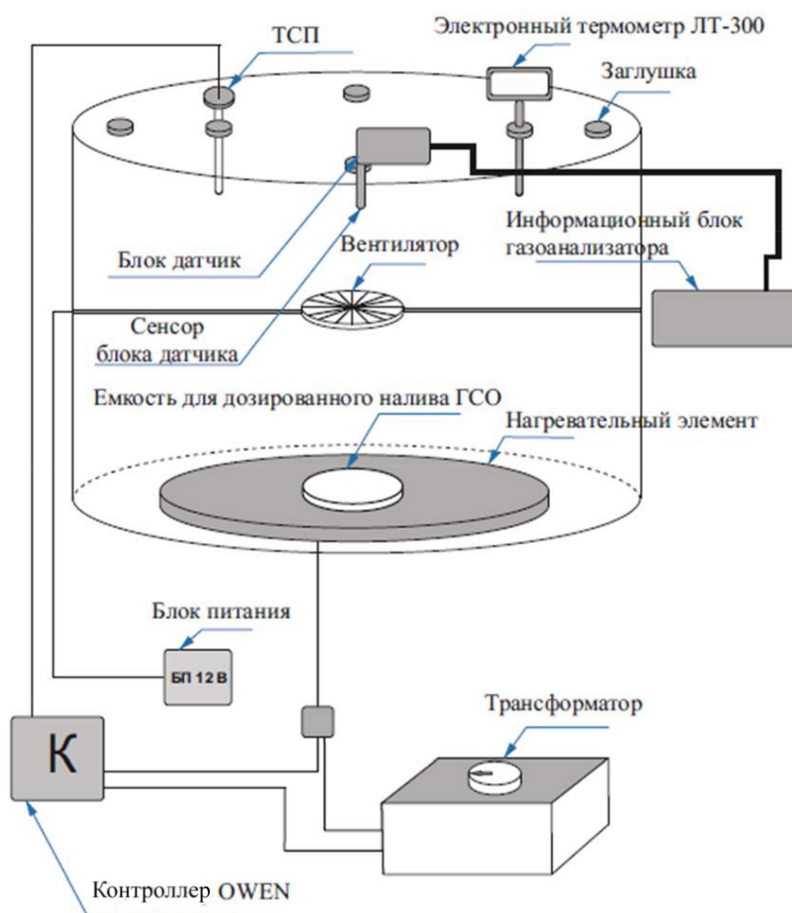


Рис. 1. Установка для создания поверочных газовых смесей углеводородов (паров гексана, бензина, керосина, ацетона) и спиртов [5]

Fig. 1. Installation for creating a calibration gas mixtures of hydrocarbons (hexane vapors, gasoline, kerosene, and acetone) and alcohols [5]

ническое стекло и сталь, а также возможные альтернативные поверхности: силикатное натриево-калиевое стекло (далее — стекло) и политетрафторэтилен. Очевидная цель — модернизация поверхности установки за счет снижения систематической погрешности, источником которой является адсорбция паров УВ на стенках градуировочной камеры.

Теоретическая часть

Адсорбция происходит на поверхности твердого тела (адсорбента), где поверхностные силы адсорбента взаимодействуют с поверхностными полями поглощаемых молекул (адсорбтив). Различают *физическую* адсорбцию, обусловленную действием сил Ван-дер-Ваальса, и *химическую*, обусловленную протеканием химических реакций на адсорбенте (*хемосорбция*) [7]. Важнейшей составляющей, влияющей на процессы адсорбции, хемосорбции, миграции адсорбированных частиц вдоль поверхности раздела двух фаз, а также их химическом взаимодействии является *энергетическое состояние поверхности*. Молекулы, находящиеся на границе раздела двух несмешивающихся фаз (газ — твердое тело, жидкость — твердое тело) имеют избыточную потенциальную энергию, которая называется *свободной поверхностной энергией* (σ). Свободная поверхностная энергия (СПЭ) любого тела представляется в виде суммы неполярной энергии Ван-дер-Ваальса — σ^{LW} и полярной энергии σ^{AB} . Полярная энергия зависит от кислотной σ^+ и основной σ^- составляющих. Взаимосвязь энергий выражается формулами (1)-(3) [3]:

$$\sigma = \sigma^{LW} + \sigma^{AB}, \quad (1)$$

$$\sigma^{AB} = 2\sqrt{\sigma^+\sigma^-}, \quad (2)$$

$$\sigma = \sigma^{LW} + 2\sqrt{\sigma^+\sigma^-}. \quad (3)$$

На количественные характеристики между составляющими влияют поверхностные явления, такие как *смачивание, адсорбция и адгезия*. Связь между молекулярным взаимодействием твердого тела с жидкостью и характером смачивания определяется их контактом (рис. 2). По характеру смачивания полярной жидкостью (например, водой) все твердые тела разделяются на гидрофильные ($\theta < 90^\circ$), гидрофобные ($\theta > 90^\circ$) и абсолютно гидрофобные тела ($\theta > 90^\circ$). По характеру смачивания неполярной жидкостью (бромнафталин, дийодметан) можно определить энергетические характеристики поверхности твердых тел, такие как удельная поверхностная энергия и поверхностное натяжение [7].

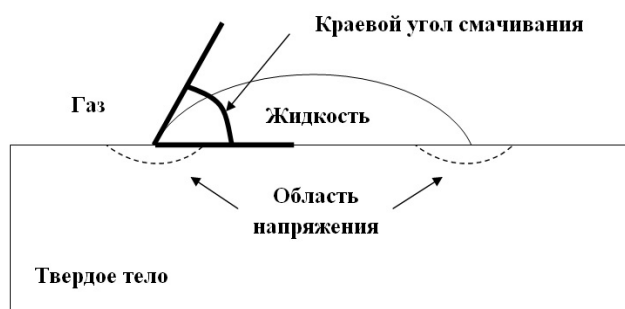


Рис. 2. Схема неподвижной капли на поверхности исследуемого образца

Fig. 2. Diagram of a fixed droplet on the surface of the test sample

Голландский биохимик ван Осс в 1903 г. обнаружил, что краевой угол смачивания θ (угол между касательной, проведенной к поверхности жидкость — газ и твердой поверхностью) неполярной (тестовой) жидкости связан со свободной поверхностной энергией уравнением (4) [9]:

$$\sigma = \frac{1}{4} \sigma_{\text{пробная}} (1 + \cos \theta_{\text{пробная}})^2 = \frac{1}{4} \sigma_{\text{пробная}}^{LW} (1 + \cos \theta_{\text{пробная}})^2, \quad (4)$$

где σ — СПЭ исследуемого образца, мДж/м²; $\sigma_{\text{пробная}}^{LW}$ — ван-дер-ваальсова компонента свободной поверхностной энергии тестовой жидкости, мДж/м²; $\theta_{\text{пробная}}$ — краевой угол смачивания поверхности твердого тела тестовой жидкостью, градус; $\sigma_{\text{пробная}}$ — составляющие СПЭ тестовой жидкости, мДж/м².

Таким образом, используя метод ван Осса, можно исследовать энергетические характеристики поверхности твердых тел, входящих в состав установки для проверки и градуировки газоанализаторов. В качестве тестовых жидкостей с заранее известными энергетическими характеристиками СПЭ (σ^{LW} , σ^+ , σ^-) мы использовали воду и бромнафталин. Определение краевого угла смачивания исследуемых образцов (сталь, орг. стекло, политетрафторэтилен, стекло) проводили с помощью экспериментальной установки, представленной на рис. 3.

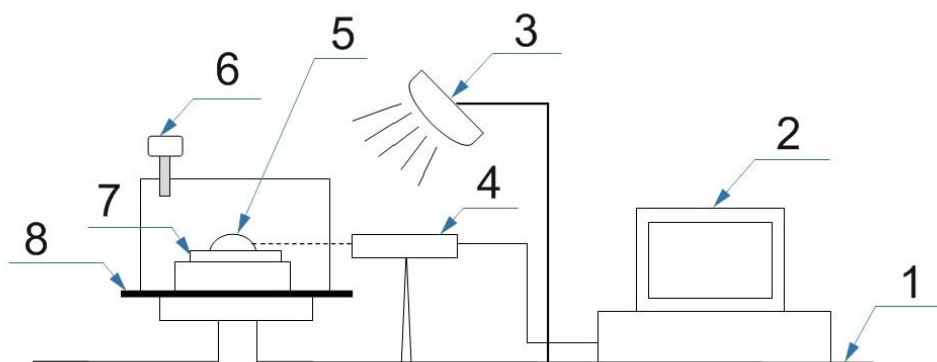


Рис. 3. Установка для определения краевого угла смачивания:

- 1 — стационарная платформа;
- 2 — персональный компьютер;
- 3 — осветительный элемент;
- 4 — цифровая видеокамера;
- 5 — тестовая жидкость;
- 6 — термометр;
- 7 — исследуемый образец;
- 8 — подвижная платформа

Fig. 3. Installation for determining the contact angle of wetting:

- 1 — stationary platform;
- 2 — the personal computer;
- 3 — lighting element;
- 4 — digital video camera;
- 5 — test fluid;
- 6 — thermometer;
- 7 — test sample;
- 8 — movable platform

Описание экспериментальной установки

Установка по определению краевого угла смачивания с помощью горизонтальной видеокамеры (рис. 3) располагается на массивной стационарной платформе 1. Температура эксперимента контролируется цифровым термометром 6. Исследуемый образец 7 установлен на подвижной платформе 8. На поверхность этого образца с помощью шприца-дозатора наносится капля тестовой жидкости объемом 1 мл. Изменяя положение подвижной платформы 8, мы помещаем каплю тестовой жидкости 5 напротив цифровой видеокамеры 4 в ее фокусной плоскости. На эту видеокамеру снимается стационарный профиль изображения тестовой капли на исследуемом образце. Лампа 3 предназначена для освещения рабочего участка. Цифровая видеокамера 4 подсоединена к персональному компьютеру 2, на котором установлено программное обеспечение ImageJ, предназначенное для обработки изображения и определения краевого угла смачивания между тестовой жидкостью и исследуемым образцом.

Методика выполнения эксперимента по определению краевого угла смачивания

Методика выполнения измерений заключается в следующем:

1. Определяется краевой угол смачивания воды на четырех исследуемых образцах (сталь, орг. стекло, политетрафторэтилен, стекло) без адсорбции УВ (эксперимент № 1).
2. В градуировочной камере установки по созданию ПГС создается концентрация в 45% НКПР (нижний концентрационный предел распространения пламени) диз. топлива (эксперимент № 2).
3. Исследуемые образцы (сталь, орг. стекло, политетрафторэтилен, стекло) помещаются в градуировочную камеру с концентрацией 45% НКПР диз. топлива (эксперимент № 2).
4. Определяется краевой угол смачивания воды и бромнафталина на четырех исследуемых образцах (сталь, орг. стекло, политетрафторэтилен, стекло) после адсорбции УВ в градуировочной камере.
5. Поверхность исследуемых образцов очищается от углеводородной пленки с помощью ультразвуковой ванны.
6. Выполняются пункты 2-5 для концентрации 45% НКПР бензина (эксперимент № 3).

Результаты исследований

В качестве тестовых жидкостей использовались вода (тестовая жидкость № 1) для определения степени гидрофильности поверхностей и бромнафталин (тестовая жидкость № 2, т. к. в ней отсутствует полярная составляющая поверхностной энергии) для определения свободной поверхностной энергии поверхностей с помощью формулы (4). Компоненты СПЭ тестовых жидкостей представлены в таблице 1 [8].

Таблица 1

Энергетические характеристики
тестовых жидкостей

Table 1

Energy properties of test liquids

Наименование	Формула	σ , мДж/м ²	σ^{LW} , мДж/м ²	σ^+ , мДж/м ²	σ^- , мДж/м ²
Вода	H ₂ O	72,8	22,1	25,5	25,5
Бромнафталин	C ₁₀ H ₇ Br	44,4	44,4	0	0

Результаты экспериментов по определению краевого угла смачивания и свободной поверхностной энергии исследуемых образцов до и после адсорбции УВ с тестовой жидкостью № 1 приведены в таблице 2. Краевой угол смачивания между тестовой жидкостью № 1 и исследуемыми поверхностями (сталь, орг. стекло, стекло) (рис. 4-6) меньше 90°, что говорит о гидрофильности данных поверхностей, а политетрафторэтилен является гидрофобной поверхностью, т. к. θ близок к 90° (рис. 7). Краевой угол смачивания до адсорбции и после адсорбции паров УВ (диз. топливо — 45% НКПР) не изменился, т. к. неполярная составляющая СПЭ адсорбированных паров диз. топлива не оказывает существенного влияния на значение СПЭ поверхностей, основной вклад в которую вносит ее полярная компонента.

Таблица 2

Значения краевых углов смачивания
тестовой жидкости № 1 и СПЭ
исследуемых образцов

Table 2

Values of the contact angles of the test
fluid no 1 and SPE of the test samples

Измеряемые параметры	Стекло, α , °	Орг. стекло, α , °	Нерж. сталь, α , °	Политетра- фторэтилен, α , °
$\theta_{в.чист}$, град.	50,8 ± 0,5	66,2 ± 0,6	69,6 ± 0,4	89,5 ± 0,2
$\theta_{в.УВ}$, град.	50,8 ± 0,5	66,8 ± 0,6	69,6 ± 0,4	89,5 ± 0,2
$\sigma_{в.чист}$, мДж/м ²	48,5 ± 0,3	35,9 ± 0,3	33,1 ± 0,2	18,5 ± 0,1
$\sigma_{в.УВ}$, мДж/м ²	48,5 ± 0,3	35,4 ± 0,3	33,1 ± 0,2	18,5 ± 0,1

$\theta_{в.чист}$, град. — краевой угол смачивания чистых поверхностей тестовой жидкостью № 1; $\theta_{в.УВ}$, град. — краевой угол смачивания поверхностей тестовой жидкостью № 1 после адсорбции 45% НКПР диз. топлива; $\sigma_{в.чист}$, мДж/м² — СПЭ чистой поверхности, определяемая тестовой жидкостью № 1; $\sigma_{в.УВ}$, мДж/м² — СПЭ поверхности после адсорбции 45% НКПР диз. топлива, определяемая тестовой жидкостью № 1.

Краевые углы смачивания бромнафталином (тестовая жидкость № 2) исследуемых образцов представлены на рис. 8-11. Как видно из рис. 4-11, после адсорбции УВ (эксперимент № 2) краевые углы смачивания изменились, а следовательно изменились и СПЭ поверхностей. Значения краевых углов смачивания тестовой жидкости № 2 (бромнафталин) и СПЭ исследуемых образцов (орг. стекло, стекло, сталь, политетрафторэтилен) приведены в таблице 3.

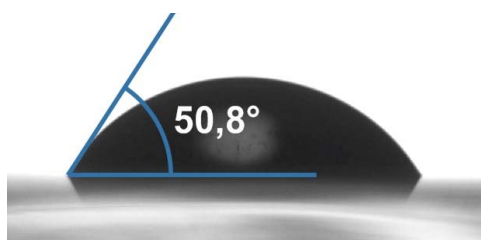


Рис. 4. Смачивание водой поверхности стекла

Fig. 4. Wetting the surface of the glass with water



Рис. 5. Смачивание водой поверхности орг. стекла

Fig. 5. Wetting the surface of the plexiglass



Рис. 6. Смачивание водой поверхности нерж. стали

Fig. 6. Wetting the surface of stainless steel with water

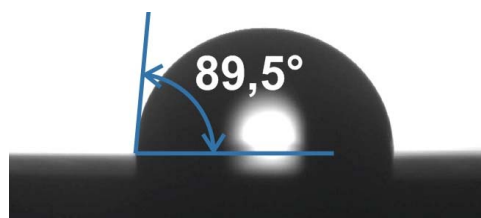


Рис. 7. Смачивание водой поверхности политетрафторэтилена

Fig. 7. Wetting the surface of teflon with water

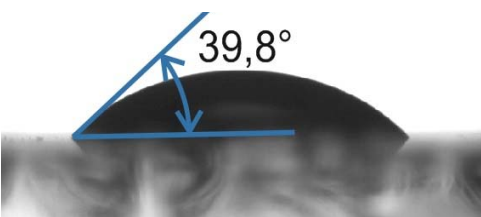


Рис. 8. Смачивание бромнафталином поверхности стекла

Fig. 8. Wetting the glass surface with bromonaphthalene

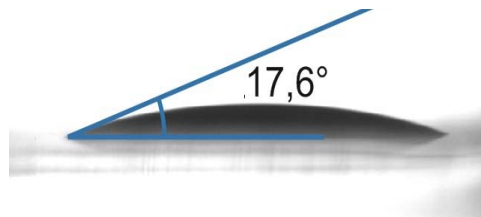


Рис. 9. Смачивание бромнафталином поверхности орг. стекла

Fig. 9. Wetting the surfaces of plexiglass with bromonaphthalene

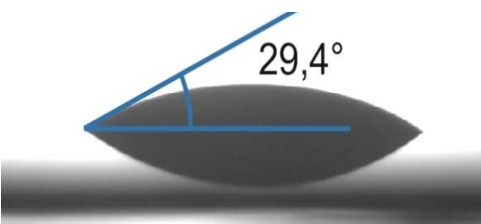


Рис. 10. Смачивание бромнафталином поверхности нерж. стали

Fig. 10. Wetting the surface of stainless steel with bromonaphthalene



Рис. 11. Смачивание бромнафталином поверхности политетрафторэтилена

Fig. 11. Wetting the surface of teflon with bromonaphthalene

Таблица 3

Значения краевых углов смачивания
тестовой жидкости № 2 и СПЭ
исследуемых образцов (эксперимент № 2)

Table 3

Values of the contact angles of wetting
test fluid no 2 and SPE of the test
samples (experiment no 2)

Измеряемые параметры	Стекло, α , °	Орг. стекло, α , °	Нерж. сталь, α , °	Политетрафторэтилен, α , °
$\theta_{\text{бр. чист}}^{\circ}$, град.	$39,8 \pm 0,6$	$17,6 \pm 0,7$	$29,4 \pm 1,3$	$57,6 \pm 0,3$
$\theta_{\text{бр. д/т}}^{\circ}$, град.	$38,2 \pm 0,3$	0	$19,7 \pm 0,9$	$57,5 \pm 0,3$
$\sigma_{\text{бр. чист}}^{\text{мДж/м}^2}$	$34,7 \pm 0,3$	$42,3 \pm 0,2$	$38,9 \pm 0,3$	$26,2 \pm 0,1$
$\sigma_{\text{бр. д/т}}^{\text{мДж/м}^2}$	$35,4 \pm 0,3$	$44,4 \pm 0,2$	$41,8 \pm 0,3$	$26,2 \pm 0,1$

$\theta_{\text{бр. чист}}^{\circ}$, град. — краевой угол смачивания чистых поверхностей тестовой жидкостью № 2; $\theta_{\text{бр. д/т}}^{\circ}$, град. — краевой угол смачивания поверхностей тестовой жидкостью № 2 после адсорбции 45% НКПР диз. топлива; $\sigma_{\text{бр. чист}}^{\text{мДж/м}^2}$ — СПЭ чистой поверхности, определяемая тестовой жидкостью № 2; $\sigma_{\text{бр. д/т}}^{\text{мДж/м}^2}$ — СПЭ поверхности после адсорбции 45% НКПР диз. топлива, определяемая тестовой жидкостью № 2.

Из таблицы 3 следует, что поверхностная энергия орг. стекла увеличилась с 42,3 до 44,4 мДж/м² (на 5% от начального значения). В случае с нержавеющей сталью поверхностная энергия увеличилась на 2,9 с 38,9 мДж/м² (на 7% от начального значения). Это говорит о том, что адсорбированные УВ являются поверхностно-активными веществами (далее ПАВ) и регулируют условия смачивания и величину краевых углов. Следовательно, изменяются значения межфазных энергий для поверхностей исследуемых материалов и возрастает роль гидрофильной компоненты. Стекло и политетрафторэтилен являются гидрофобными поверхностями (т. к. значения составляющих СПЭ незначительно изменились), и адсорбция УВ не влияет на изменения составляющих СПЭ. Этот факт позволяет использовать данные материалы как альтернативные применяемым в настоящее время для модернизации установки, изображенной на рис. 1, предназначенной для проверки/настройки настроенных на пары УВ газоанализаторов.

Обращает на себя внимание значение краевого угла смачивания бромнафталином на орг. стекле, близкое к 0° (см. рис. 12). Другими словами, имеет



Рис. 12. Смачивание бромнафталином поверхности орг. стекла с адсорбированными УВ (дизельное топливо — 45% НКПР)

Fig. 12. Wetting bromonaphthalene on the surface of the plexiglass with adsorbed hydrocarbons (diesel fuel — 45% lower explosive level, LEL)

место полное смачивание поверхности орг. стекла бромнафталином при наличии на поверхности адсорбированного УВ (диз. топливо — 45% НКПР).

Значения краевых углов смачивания бромнафталином (тестовая жидкость № 2) для концентрации 45% НКПР бензина (эксперимент № 3) приведены в таблице 4. Как видно из таблицы 4, поверхностная энергия орг. стекла увеличилась с 42,3 до 42,8 мДж/м² (на 1% от начального значения), нерж. стали — с 38,9 до 39,5 мДж/м² (на 1% от начального значения). А в случае со стеклом и политетрафторэтиленом значения СПЭ изменились в пределах погрешности. Это говорит о малой концентрации адсорбированных УВ (45% НКПР бензина), которые не меняют значения межфазных энергий для поверхностей исследуемых материалов [1, с. 15-22].

Таблица 4

Значения краевых углов смачивания тестовой жидкости № 2 и СПЭ исследуемых образцов (эксперимент № 3)

Table 4

Values of the contact angles of the test liquid no 2 and SPE of the test samples (experiment no 3)

Измеряемые параметры	Стекло, α, °	Орг. стекло, α, °	Нерж. сталь, α, °	Политетрафторэтилен, α, °
$\theta_{\text{бр. чист}}$, град.	39,8 ± 0,6	17,6 ± 0,7	29,4 ± 1,3	57,6 ± 0,3
$\theta_{\text{бр. бенз}}$, град.	39,2 ± 0,3	15,4 ± 0,4	27,5 ± 0,8	57,4 ± 0,3
$\sigma_{\text{бр. чист}}$, мДж/м ²	34,7 ± 0,3	42,3 ± 0,2	38,9 ± 0,3	26,2 ± 0,1
$\sigma_{\text{бр. бенз}}$, мДж/м ²	35,0 ± 0,3	42,8 ± 0,3	39,5 ± 0,4	26,3 ± 0,1

$\theta_{\text{бр. бенз}}$, град. — краевой угол смачивания поверхностей тестовой жидкостью № 2 после адсорбции 45% НКПР бензина; $\sigma_{\text{бр. бенз}}$, мДж/м² — СПЭ поверхности после адсорбции 45% бензина, определяемая тестовой жидкостью № 2.

Заключение

1. Отработана методика определения СПЭ твердых тел с помощью тестовых жидкостей (вода и бромнафталин) методом ван Осса.
2. В результате проведенных экспериментов была подтверждена адсорбция паров углеводородов на стенках камеры поверки/градуировки газоанализаторов, настроенных на пары УВ.
3. Определена свободная поверхностная энергия материалов (орг. стекло, стекло, сталь, политетрафторэтилен), входящих в состав градуировочной камеры.
4. Молекулы паров УВ (45% НКПР диз. топлива), адсорбированных на орг. стекле и стали, являются поверхностно-активными веществами и приводят к изменению СПЭ данных материалов.
5. Представлены альтернативные применяемым материалы для модернизации установки поверки/градуировки газоанализаторов для снижения систематической погрешности в определении концентрации ПГС.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вакулин А. А. Методы измерений, испытаний и контроля: учебное пособие / А. А. Вакулин. Тюмень: Издательство Тюменского государственного университета, 2010. 256 с.
2. ГКПС17.41.00.000 РЭ. Датчики взрывоопасных газов и паров с унифицированным сигналом. Москва, 2012. 22 с.
3. Глазков С. С. Поверхностные энергетические характеристики композитов на основе природных полимеров / С. С. Глазков, В. А. Козлов, А. Е. Пожидаева, О. Б. Рудаков // Воронежский государственный архитектурно-строительный университет. 2009. Том 9. Вып. 1. С. 58-66.
4. ГОСТ Р 8.736-2011. Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Измерения прямые многократные. Методы обработки результатов измерений. Основные положения. Москва, 2013. 3 с.
5. Степанов А. С. Экспериментальное определение массового содержания адсорбированных молекул в установке, предназначенной для поверки/градуировки газоанализаторов / А. С. Степанов, А. А. Вакулин // Вестник Тюменского государственного университета. Физико-математическое моделирование. Нефть, газ, энергетика. 2017. Том 3. № 2. С. 21-32. DOI: 10.21684/2411-7978-2017-3-2-21-32
6. Файловый архив для студентов. URL: <https://studfiles.net/preview/2465196/page:17> (дата обращения: 15.02.2018).
7. Цивилев Р. П. Поверхностное натяжение. Поверхностно-активные вещества. Адсорбция: метод. указания к самостоятельной работе и лабораторному практикуму по дисциплине «Коллоидная химия» / Р. П. Цивилев. Ухта: Ухтинский государственный технический университет, 2007. 17 с.
8. Table Shows the Dispersion (Non-Polar) and Polar Components. URL: https://www.accudynetest.com/surface_tension_table.html (дата обращения: 28.02.2018).
9. Van Oss C. J. Interfacial Lifshitz-van der Waals and Polar Interactions in Macroscopic / C. J. van Oss // Chemical Reviews. 1988. Vol. 88. No. 6. Pp. 933-935. DOI: 10.1021/cr00088a006
10. Visser J. Particle Adhesion and Removal: A Review / J. Visser // Particulate Science and Technology: An International Journal. 1995. Vol. 13. No. 3-4. Pp. 169-196. DOI: 10.1080/02726359508906677

Aleksandr S. STEPANOV¹

Aleksandr A. VAKULIN²

UDC 532.64.08

INFLUENCE OF THE ADSORBED HYDROCARBONS ON CHANGE OF THE FREE SURFACE ENERGY OF SOLID SURFACES

¹ Postgraduate Student, Department of Mechanics of Multiphase Systems,
Institute of Physics and Technology, University of Tyumen
stepanovsanya45@mail.ru

² Dr. Sci. (Tech.), Professor,
Department of Mechanics of Multiphase Systems,
Institute of Physics and Technology, University of Tyumen
aavakulin@mail.ru

Abstract

Expansion of the fuel and energy complex associated with oil and gas extraction brings the issues of processing, cleaning, drying, and exporting of hydrocarbon raw materials to the fore. Oil and gas processing faces the problem of adsorption of hydrocarbons on a solid surface, which has a negative impact on production processes. The study of hydrocarbon adsorption is caused by practical problems, in particular, from the metrological assurance part of production. Indeed, the existing method of verification/calibration the gas analyzer signalers of GKPS17.41.00.000 RE configured for pre-explosive concentrations of hydrocarbon vapors (gasoline, diesel fuel) does not take into account the adsorption of gaseous matter on the walls of the verification/calibration plant to create control gas mixture (CGM) that leads to a systematic error/fault in the customizable measuring instruments.

The purpose of this study was the experimental determination of contact angles and free surface energies (FSE) of materials of the plants for the preparation of CGM. The paper describes the experimental plant for determining the contact angle (van Oss method) designed to determine the energy characteristics of the surfaces of solids, there are photographs of wetting of these surfaces by test liquids. Issues related to the change in FSE of solids are discussed. The results

Citation: Stepanov A. S., Vakulin A. A. 2018. "Influence of the Adsorbed Hydrocarbons on Change of the Free Surface Energy of Solid Surfaces". Tyumen State University Herald. Physical and Mathematical Modeling. Oil, Gas, Energy, vol. 4, no 3, pp. 23-35.
DOI: 10.21684/2411-7978-2018-4-3-23-35

of experiments are presented and materials (alternative to currently used) are recommended by the authors for modernization of the verification/calibration device for gas analyzers to reduce the systematic error in the determination of the concentration of CGM.

Keywords

Adsorption, hydrocarbon vapors, contact angle, van Oss method, bias.

DOI: 10.21684/2411-7978-2018-4-3-23-35

REFERENCES

1. Vakulin A. A. 2010. *Metody izmereniy, ispytaniy i kontrolya: uchebnoye posobiye* [Methods of Measurement, Testing, and Control: A Textbook]. Tyumen: University of Tyumen Publishing House.
2. GKPS17.41.00.000R·E. 2012. *Datchiki vzryvoopasnykh gazov i parov s unifitsirovannym signalom* [Sensors of Explosive Gases and Vapors with a Unified Signal]. Moscow.
3. Glazkov S. S., Kozlov V. A., Pozhidayeva A. E., Rudakov O. B. 2009. "Poverkhnostnyye energeticheskiye kharakteristiki kompozitov na osnove prirodnykh polimerov" [Surface Energy Characteristics of Composites Based on Natural Polymers]. *Voronezhskiy gosudarstvennyy arkhitekturno-stroitel'nyy universitet*, vol. 9, no 1, pp. 58-66.
4. GOST R 8.736-2011. 2013. *Gosudarstvennaya sistema obespecheniya edinstva izmereniy (GSI). Izmereniya pryamyie mnogokratnyie. Metody obrabotki rezul'tatov izmereniy. Osnovnyie polozheniya* [State System for Ensuring the Uniformity of Measurements (ICG). Direct Measurements Are Multiple. Methods for Processing the Results of Measurements. Basic Provisions]. Moscow.
5. Stepanov A. S., Vakulin A. A. 2017. "The Experimental Identification of the Mass Content of Adsorbed Molecules in the Installation for Calibration/Verification of Gas Analyzers". *Tyumen State University Herald. Physical and Mathematical Modeling. Oil, Gas, Energy*, vol. 3, no 2, pp. 21-32. DOI: 10.21684/2411-7978-2017-3-2-21-32
6. Faylovyy arkhiv dlya studentov [Students' File Archive]. Accessed on 15 February 2018. <https://studfiles.net/preview/2465196/page:17>
7. Tsivilev R. P. 2007. *Poverkhnostnoye natyazheniye. Poverkhnostno-aktivnyie veshchestva. Adsorbtsiya: metod. ukazaniya k samostoyatel'noy rabote i laboratornomu praktikumu po distsipline "Kolloidnaya khimiya"* [Surface Tension. Surface-Active Substances. Adsorption: Method. Instructions for Independent Work and Laboratory Work on the Discipline "Colloid Chemistry"]. Ukhta: Ukhta State Technical University.
8. Table Shows the Dispersion (Non-Polar) and Polar Components. Accessed on 28 February 2018). https://www.accudynetest.com/surface_tension_table.html
9. Van Oss C. J. 1988. "Interfacial Lifshitz-van der Waals and Polar Interactions in Macroscopic". *Chemical Reviews*, vol. 88, no 6, pp. 933-935. DOI: 10.1021/cr00088a006
10. Visser J. 1995. "Particle Adhesion And Removal: A Review". *Particulate Science and Technology: An International Journal*, vol. 13, no 3-4, pp. 169-196. DOI: 10.1080/02726359508906677