

Дисциплина «Химия топлива»

Лабораторное занятие №1

Тема: Расчеты теплотворной способности топлив

Цель занятия: с помощью расчетов сравнить теплотворную способность разных классов органических веществ, входящих в состав ГСМ. Доказать взаимосвязь химического строения молекул и их удельной теплотворной способности.

Теоретическая часть

Одной из важных характеристик топлива считается теплота сгорания (теплотворная способность) или её ещё называют калорийностью топлива, которая показывает количество выделенной из топлива тепловой энергии, полученной при сжигании некоторого объёма твердого, жидкого или газообразного топлива. Измеряется в кДж/кг или ккал/кг (1 кал = 4,1868 Дж). Теплота сгорания твёрдого или жидкого топлива определяется в лаборатории калориметрической бомбой, в которой сжигается навеска топлива. Бывает высшая и низшая теплота сгорания топлива. Высшая теплота сгорания топлива ($Q_{в.р.}$) это количество тепла, выделенное при сгорании 1 кг твердого или жидкого топлива, или 1 см³ газообразного (при нормальных условиях) и превращении водяных паров, содержащихся в продуктах сгорания, в жидкость. Однако, как показывает практика, охладить продукты сгорания до полной конденсации не получается и потому введено понятие как низшая теплота сгорания ($Q_{н.р.}$), которую получают, отнимая из высшей теплоты сгорания теплоту парообразования водяных паров которые содержатся в топливе, а также водяных паров образовавшихся при его сжигании топлива. Значения высшей теплотворной способности наиболее распространенных топлив приведены в табл. 20. К горючим элементам в топливе относят углерод, водород и летучую серу. Содержащиеся в топливе химические элементы обозначаются принятыми символами С, Н, О, N, S, а зола и вода – символами А и W соответственно. При горении горючих элементов топлива выделяется следующее количество тепла при сжигании 1 кг: углерода – 33,65 МДж (8031 ккал/кг), серы – 9 МДж (2172 ккал/кг), водорода – 141,5 МДж (33 770 ккал/кг). На образование пара из 1 кг воды, тратится 25,14 МДж/кг (600 ккал/кг). Для твердого и жидкого топлива низшая теплота сгорания будет равна:

$$Q_{н.р.} = Q_{в.р.} - 2514 \cdot (9H_p + W_p / 100), \text{ кДж/кг}$$

или $Q_{н.р.} = Q_{в.р.} - 600 \cdot (9 \cdot H_p + W_p / 100)$, ккал/кг,

где цифры 2514 и 600 – это теплота образования водяных паров при температуре 0°C и атмосферном давлении, кДж/кг и ккал/кг соответственно; H_p и W_p – содержание водорода и водяных паров в рабочем топливе, %; цифра 9 – это коэффициент, показывающий, что при сгорании 1 кг водорода в соединении с кислородом образуется 9 кг воды. Если известен элементарный состав топлива, то низшая теплота сгорания твердого и жидкого топлива может быть определена по эмпирической формуле, которую предложил **Д.И. Менделеев**:

$$Q_{н.р.} = 339 \cdot C_p + 1256 \cdot H_p - 109 \cdot (O_p - S_p) - 25,14 \cdot (9 \cdot H_p + W_p), \text{ кДж/кг}$$

или $Q_{н.р.} = 81 \cdot C_p + 246 \cdot H_p - 26 \cdot (O_p - S_p) - 6 \cdot W_p$, ккал/кг.

Числовые коэффициенты в указанных формулах подобраны экспериментально.

Таблица 1

Значения высшей теплотворной способности топлив

Топлива, массовая характеристика:	Высшая теплотворная способность		
	кДж/кг	ккал/кг	БТЕ/фунт, Btu/lb
Ацетон, Acetone	29000	6900	12500
Бензин, Gasoline, Petrol	47300	11250	20400
Бутан, Butane C ₄ H ₁₀	49500	11800	20900
Водород, Hydrogen	141800	33800	61000
Газойль, Gas oil	38000	9050	16400
Глицерин, Glycerin	19000	4550	8150
Гудрон, Битум, Tar	36000	8600	15450
Дизтопливо, дизельное топливо, Diesel	44800	10700	19300
Дерево сухое, Wood (dry)	14400 - 17400	3450 - 4150	6200 - 7500
Керосин, Kerosene	35000	8350	15400
Кокс, Coke	28000 - 31000	6650-7400	12000 - 13500
Мазут, Heavy fuel oil	41200	9800	17700
Метан, Methane	55550	13250	23900
Порох, Gun powder	4000	950	1700
Пропан, Propane	50350	12000	21650
Растительные масла, Oils vegetable	39000 - 48000	9300 - 11450	16750 - 20650
Скипидар, Turpentine	44000	10500	18900
Спирт, Alcohol, 96 % , Ethanol	30000	7150	12900
Сырая нефть, Petroleum	43000	10250	18500
Торф, Peat	13800 - 20500	3300 - 4900	5500 - 8800
Уголь-антрацит, Anthracite	32500 - 34000	7750-8100	14000 - 14500
Уголь битуминозный (жирный), Bituminous coal	17 000 - 23 250	4050-5500	7300 - 10000
Уголь древесный, Charcoal	29600	7050	12800
Уголь каменный, Coal	15000 - 27000	3550-6450	8000 - 14 000
Уголь бурый, лигнит, Lignite	16300	3900	7 000
Уголь -полуантрацит, Semi anthracite	26700 - 32500	6350 - 7750	11500 - 14000
Эфир этиловый, Ether	43 000	10 250	18 500
Газы, объемная характеристика:	кДж/м³	ккал/м³	БТЕ/фут³, Btu/ft³
Ацетилен, Acetylene	56000	13350	728
Бутан, Butane C ₄ H ₁₀	133000	31750	1700
Водород, Hydrogen	13000	3100	170
Метан, Methane CH ₄	39800	9500	520
Природный газ, Natural gas	35000- 43000	8350-	455 - 560

		10250	
Пропан, Propane C ₃ H ₈	101000	24100	1310

* БТЕ – британская тепловая единица

Для выполнения теплотехнических расчетов, а также сравнения сжигания в котельных разных сортов топлива введено понятие «условное топливо». Условное топливо, это топливо, принятое за эталон и теплота сгорания его равна 29,35 МДж/кг (7000 ккал/кг). Пересчет расхода натурального топлива в условное, кг, производят по формуле

$$B_{\text{усл}} = B_{\text{н}} * Q_{\text{н.р.}} / 29,35, \text{ МДж/кг}$$

или

$$B_{\text{усл}} = B_{\text{н}} * Q_{\text{н.р.}} / 7000, \text{ ккал/кг.}$$

Теплотехнические расчёты, производственные плановые объёмы и отчетные данные по топливу всегда удобно выражать в условном топливе. Теплотворная способность топлива не оказывает влияния на экономию расхода топлива, однако показатель теплоты сгорания очень сильно зависит от содержания в топливе балласта (влага, зола). Чем сложнее химическая формула топлива, тем больше получается ошибка в расчетах по формуле Д. И. Менделеева, поэтому при известном элементном составе топлива рассчитывают тепловой эффект реакции. В связи с этим тепловой эффект реакции рассматривается как один из факторов, который определяет экономию расхода топлива. Как показывает практика, если смешать топлива разных марок и характеристик, то можно значительно увеличить экономию расхода топлива. Знание теплоты горения и теплового эффекта реакции горения топлива необходимо для расчета температуры горения или взрыва, давления при взрыве, скорости распространения пламени и других характеристик.

Практическая часть

При расчете теплоты сгорания топлива чаще всего берут значения именно низшей теплотворной способности. Этот показатель не учитывает теплоту, возвращаемую при сжигании водорода и конденсации влаги, находящейся в топливе. Наибольшее значение $Q_{\text{н.р.}}$ можно наблюдать при сжигании парафиновых углеводородов, а наименьшее – в ароматических топливах. В качестве примера расчета теплотворной способности по эмпирической формуле Д.И. Менделеева рассмотрим следующие задачи:

Задача № 1. Определите теплотворную способность угля, элементный состав которого следующий: С – 37,1 %, Н – 2,6 %, S – 0,6 %, N – 0,4 %, O – 12 %, W – 40 %, A – 7,2 %.

Решение: используем формулу Д. И. Менделеева для расчета низшей теплотворной способности топлива $Q_{\text{н.р.}} = 339 * C_{\text{p}} + 1256 * H_{\text{p}} - 109 * (O_{\text{p}} - S_{\text{p}}) - 25,14 * (9 * H_{\text{p}} + W_{\text{p}})$, подставим в формулу данные из условия задачи: $Q_{\text{н.р.}} = 339 * 37,1 + 1256 * 2,6 - 109 * (12 - 0,6) - 25,14 * (9 * 2,6 + 40) = 13006,03 \text{ кДж/кг}$, для расчета высшей теплотворной способности топлива используем выражение: $Q_{\text{в.р.}} = Q_{\text{н.р.}} - 2514 * (9H_{\text{p}} + W_{\text{p}} / 100)$, выведем из него высшую теплотворную способность топлива:

$Q_{\text{в.р.}} = Q_{\text{н.р.}} + 2514 * (9H_{\text{p}} + W_{\text{p}} / 100) = 13006,03 + 2514 * (9 * 2,6 + 40 / 100) = 14599,9 \text{ кДж/кг}$. Ошибка расчета по формуле Д. И. Менделеева обычно составляет примерно 10 %, поэтому значение высшей теплотворной способности соответствует (табл.) каменному углю.

Для теоретических расчетов теплотворной способности топлив можно использовать понятие теплового эффекта реакции (энтальпия, ΔH), расчет проводится по формуле из закона Гесса:

$$\Delta H^{\circ}_{\text{реакции}} = \Sigma \Delta H^{\circ}_{298}(\text{продукты}) - \Sigma \Delta H^{\circ}_{298}(\text{исход. в-ва})$$

Значения энтальпии химической реакции (ΔH°_{298}) берут из табл. 1 и 2

Таблица 2

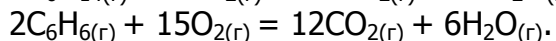
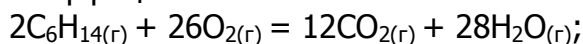
Теплоты образования (ΔH°_{298}) некоторых веществ (кДж/моль)

Вещество и состояние	$\Delta H^{\circ}_{\text{обр.}, 298,15}$ кДж/моль	Вещество и состояние	$\Delta H^{\circ}_{\text{обр.}, 298,15}$ кДж/моль
CH ₄ (г.) метан	-74,85	C ₁₀ H ₈ (кр.) нафталин	78,07
C ₂ H ₆ (г.) этан	-84,67	C ₁₀ H ₈ (ж.) нафталин	(97)
C ₃ H ₆ (г.) циклопропан	53,30	C ₁₀ H ₈ (г.) нафталин	150,96
C ₃ H ₈ (г.) пропан	-103,85	C ₁₂ H ₁₀ (кр.) дифенил	100,50
C ₄ H ₁₀ (г.) бутан	-126,15	C ₁₂ H ₁₀ (ж.) дифенил	(119,32)
C ₄ H ₁₀ (г.) 2-метилпропан (изобутан)	-134,52	CH ₄ O (ж.) метанол	-238,57
C ₅ H ₁₂ (г.) пентан	-173,33	CH ₄ O (г.) метанол	-201,00
C ₅ H ₁₂ (г.) пентан	-146,44	C ₂ H ₆ O (ж.) этанол	-276,98
C ₅ H ₁₂ (ж.) 2-метилбутан (изопентан)	-179,28	C ₂ H ₆ O (г.) этанол	-234,80
C ₅ H ₁₂ (г.) 2-метилбутан (изопентан)	-154,47	C ₂ H ₆ O (г.) диметиловый эфир	-184,05
C ₆ H ₆ (ж.) бензол	49,03	C ₂ H ₆ O ₂ (ж.) этиленгликоль	-454,90
C ₆ H ₆ (г.) бензол	82,93	C ₂ H ₆ O ₂ (г.) этиленгликоль	-389,32
C ₆ H ₁₄ (ж.) гексан	-198,82	C ₃ H ₈ O (ж.) 1-пропанол	-304,55
C ₆ H ₁₄ (г.) гексан	-167,19	C ₃ H ₈ O (г.) 1-пропанол	-257,53
C ₇ H ₈ (ж.) толуол	12,01	C ₄ H ₈ O ₂ (ж.) этилацетат	-479,03
C ₇ H ₈ (г.) толуол	50,00	C ₃ H ₈ O ₃ (ж.) глицерин	-668,60
C ₇ H ₁₆ (ж.) гептан	-224,54	C ₄ H ₁₀ O (ж.) бутанол	-325,56
C ₇ H ₁₆ (г.) гептан	-187,78	C ₄ H ₁₀ O (г.) бутанол	-274,43
C ₈ H ₈ (ж.) фенилэтилен (стирол)	103,89	C ₄ H ₁₀ O (ж.) диэтиловый эфир	-279,49
C ₈ H ₈ (г.) фенилэтилен (стирол)	147,36	C ₄ H ₁₀ O (г.) диэтиловый эфир	-252,21
C ₈ H ₁₀ (ж.) этилбензол	-12,48	C ₆ H ₆ O (кр.) фенол	-164,85
C ₈ H ₁₀ (г.) этилбензол	29,79	C ₅ H ₅ N (ж.) пиридин	99,96
<i>o</i> -C ₈ H ₁₀ (ж.) <i>o</i> -ксилол	-24,43	C ₅ H ₅ N (г.) пиридин	140,16
<i>o</i> -C ₈ H ₁₀ (г.) <i>o</i> -ксилол	19,00	C ₆ H ₅ NO ₂ (ж.) нитробензол	15,90
C ₈ H ₁₈ (ж.) октан	-249,95	CO ₂ (г) углекислый газ	- 393,51
C ₈ H ₁₈ (г.) октан	-208,45	CO (г) угарный газ	- 110, 53
C ₁₂ H ₁₀ (г.) дифенил	182,08	H ₂ O (к) кристаллическая вода (лед)	- 291,85
C ₆ H ₇ N (ж.) анилин	31,09	H ₂ O (ж) вода	- 285,83
C ₆ H ₇ N (г.) анилин	86,86	H ₂ O (г) пары воды	- 241,81
NO ₂ (г) диоксид азота	33	SO ₂ (г) диоксид серы	- 296,90

NO (г) монооксид азота	91,26	SO ₃ (г) оксид серы (VI)	- 439,0
------------------------	-------	-------------------------------------	---------

Задача № 2. Пользуясь следствием из закона Гесса и данными таблицы теплоты образования (табл.17), рассчитать молярные теплоты сгорания следующих веществ: 1) гексана; 2) бензола.

Решение: Напишем уравнения реакции горения гексана и бензола и расставим коэффициенты.



Выпишем из табл. 17 значения энтальпий веществ, участвующих в реакциях и подставим эти значения в формулу расчета энтальпии по закону Гесса (25) с учетом коэффициентов:

$$\Delta H^0_{\text{реакции}} (\text{C}_6\text{H}_{14}) = (12 \cdot (-393,51) + 28 \cdot (-241,81)) - (2 \cdot (-167,19) + 26 \cdot 0) = -11158,42 \text{ кДж/моль};$$

$$\Delta H^0_{\text{реакции}} (\text{C}_6\text{H}_6) = (12 \cdot (-393,51) + 6 \cdot (-241,81)) - (2 \cdot 82,93 + 6 \cdot 0) = -1619,38 \text{ кДж/моль}.$$

При необходимости значения теплот образования можно перевести ккал/моль, учитывая, что **1 кал = 4,1868 Дж**.

Задания для самостоятельного решения (дать письменные ответы)

А) Задачи и упражнения:

1. Можно ли считать теплотворную способность всех СН₄ одинаковой? Уступает ли по теплотворной способности газообразное топливо?
2. Рассчитайте низшую и высшую теплотворную способность дизельного топлива по эмпирической формуле, которую предложил Д.И. Менделеев. Элементный состав дизельного топлива следующий: С – 57,9 %, Н – 18,4 %, S – 0,6 %, N – 0,9 %, O – 10 %, W – 4 %, А – 8,2 %. Сравните рассчитанное вами значение высшей теплотворной способности топлива с данными табл. 16 и сделайте вывод о качестве дизельного топлива.
3. Рассчитать теплотворную способность (энтальпию): 1) метана; 2) метанола; 3) бутилового спирта; 4) водорода. Используйте данные табл.
4. Во многом ли спирты уступают по теплотворной способности углеводородам?
5. Должна ли различаться теплотворная способность бензинов, керосинов, дизельных топлив?
6. Зависит ли теплотворная способность бензина от его углеводородного состава? Чем невыгодно неполное сгорание топлива?
7. Рассчитать удельную теплотворную способность бензола при полном и неполном сгорании.

Б) Тесты:

1. Удельная теплота сгорания это: а) температура, при которой топливо воспламеняется; б) температура, при которой наблюдается вспышка топлива; в) полное сгорание 1 кг массы топлива; г) теплота, выделившаяся при сгорании 1 кг массы топлива; д) теплота, выделившаяся при сгорании паров топлива.
2. Для веществ, имеющих большую молекулярную массу, при определении температуры воспламенения в лабораторных условиях необходимо предварительно: а) нагреть вещества; б) определить температуру вспышки; в) отделить негорючую часть топлива; г) изменить давление смеси; д) разбавить

топливо веществом с небольшой молекулярной массой.

3. В чем состоит отличие в температурах высшей и низшей теплоты сгорания: а) каждая теплота учитывает разные молекулярные массы веществ; б) любая теплота показывает энергию сгорания отдельных элементов; в) обе теплоты представляют собой количество энергии, затраченное на превращение влаги топлива в пар и уносимой в атмосферу; г) одна теплота показывает теплоту сгорания элементарного состава топлива, а другая теплоту, затраченную на испарение топлива; д) одна теплота показывает возможность топлива гореть, а другая теплота показывает температуру, при которой возможно горение.

4. Для протекания процесса горения топлива необходимы условия: а) образование радикалов; б) вступление в реакцию молекул серы, азота и кислорода; в) нагрев вещества; г) наличие источника открытого пламени; д) способность веществ активно вступать в химические реакции.

5. Горение дизельного топлива требует в лабораторных условиях предварительного нагревания т.к.: а) дизельное топливо имеет большую вязкость; б) дизельное топливо состоит из молекул с большой молекулярной массой; в) дизельное топливо содержит присадки; г) дизельное топливо может гореть только при сжатии; д) дизельное топливо вообще не горит в лабораторных условиях.

6. Дизельное топливо, разбавленное бензолом, горит при: а) более низкой температуре, чем чистое дизельное топливо; б) при более высокой температуре, чем чистое дизельное топливо; в) температура горения не зависит от наличия в дизельном топливе каких-либо веществ; г) температура горения смеси сначала повышается, потом понижается; д) дизельное топливо в смеси с бензолом вообще не горит.

7. Чем больше молекулярная масса вещества, тем температура его воспламенения: а) ниже; б) выше; в) изменяется скачками; г) температура воспламенения не зависит от молекулярной массы; д) температура воспламенения сначала увеличивается, затем уменьшается.

8. Наличие присадок в топливе изменяет способность вещества к воспламенению: а) всегда уменьшают температуру воспламенения; б) никак присадки не влияют; в) всегда увеличивают температуру воспламенения; г) изменяют температуру воспламенения только присадки, повышающие октановое или цетановое число; д) изменяют температуру воспламенения антикоррозионные и антивспенивающие присадки.

9. По высоте пламени при воспламенении топлива можно судить о: а) температуре воспламенения; б) о наличии в топливе механических примесей; в) о наличии в топливе низкомолекулярных веществ; г) о наличии в топливе воды; д) о возможности топлива к детонации.

10. Более высокую температуру воспламенения имеет: а) смесь дизельного топлива и бензина; б) смесь дизельного топлива и спирта; в) смесь дизельного топлива и бензола; г) смесь дизельного топлива и моторного масла; д) смесь дизельного топлива и керосина.

Лабораторное занятие №2

Тема: Строение, классификация и химические свойства бензинов. Понятие октанового числа, расчет расхода бензина по химическим формулам

Цель работы: выявить взаимосвязь между химическим составом бензина и способностью бензинов к воспламенению, уметь доказывать данную взаимосвязь расчетами по химическим уравнениям. Выделить основные методы повышения октанового числа. Научиться производить расчет расхода бензина при работе двигателя.

Теоретическая часть

Автомобильный бензин – это легковоспламеняющаяся горючая жидкость, в состав которой входят углеводороды, выкипающие при температуре от 35 до 200 °С. Важнейшим свойством бензина, является его способность в состоянии газообразной смеси воспламеняться и сгорать со скоростью распространения фронта пламени 25–35 м/с. Химический состав бензина характеризуется следующими углеводородами: C_6H_{14} (гексан), C_7H_{16} (гептан), C_8H_{18} (октан) и C_9H_{20} (нонан). Углеводороды находятся в топливе в разном процентном соотношении и в зависимости от соотношения выделяют летний и зимний сорт бензина. К основным характеристикам, отвечающим за качество бензина, относят:

1. Детонационная стойкость – показывает склонность бензина к детонации, появление которой может привести к выходу двигателя из строя. При некоторых режимах работы двигателя на бензине может возникать взрывное детонационное горение, сопровождающееся металлическим стуком в цилиндре двигателя, дымлением, падением мощности и повышением температуры двигателя. Детонационный (взрывной) процесс горения отличается скоростью распространения фронта пламени до 1500–2500 м/с. В рабочей смеси в тактах всасывания и сжатия ускоряются реакции окисления углеводородов и образования активных промежуточных продуктов (гидроперекисей). Особенно высока их концентрация в последних порциях несгоревшей части смеси, где наиболее высоки температура и давление. При детонации небольшого количества гидроперекисей возникают ударные волны, которые могут вызывать перегрев двигателя, вибрационные напряжения на деталях камеры сгорания, удаление масляной пленки с поверхности гильзы цилиндра прогорание поршней и выпускных клапанов и повышение износа цилиндров и колец. Ресурс работы двигателя в условиях детонации может снизиться в 1,5–3 раза. Глубина и скорость химических превращений при горении рабочей смеси возрастают при повышении температуры и давления (степени сжатия) в камере сгорания. Внешне детонацию можно определить по постоянному стуку в двигателе, вибрации двигателя, наличию густого, черного дыма из выхлопной трубы и нестабильной работы двигателя. Детонационная стойкость бензинов оценивается величиной октанового числа (ОЧ).

2. Октановое число определяют путем подбора смеси из двух эталонных углеводородов: изооктана (2,2,4-триметилпентан) – октановое число 100, и нормального гептана с октановым числом, равным 0, которая по детонационным свойствам эквивалентна испытываемому бензину. Процентное содержание в этой смеси изооктана принимают за октановое число. Определение октанового числа проводят по моторному и по исследовательскому методу. Превышение октанового числа выше нормативного говорит о высоком качестве бензина, применение

такого бензина положительно влияет на многие параметры ДВС, в частности, приводит к повышению мощности двигателя.

Бензин риформинга – бензин, полученный на установке каталитического риформинга, характеризуется высоким октановым числом 84–86 пунктов моторным методом, большим содержанием ароматических углеводородов, высокой плотностью. Если использовать данный бензин (без соответствующих присадок), то обеспечены – нестабильный запуск, затруднен разгон машины, повышен расход топлива.

Бензин каталитического крекинга – бензин, полученный на установке каталитического крекинга характеризуется относительно невысоким октановым числом 81–82, большим содержанием непредельных углеводородов, низкой плотностью, высоким содержанием серы. Нестабилен, при длительном хранении – осмоляется, чтобы улучшить стабильность в него на месте производства добавляют присадку – Ионол или Агидол. При использовании данного бензина наблюдается хорошая приемистость и стабильный запуск зимой.

Бензин прямогонный – бензин, полученный на установках первичной переработки, имеет октановое число 62–70 и как топливо для современных двигателей не пригоден. Дальнейшая обработка данного бензина предполагает дополнительно риформинг тяжелых фракций и использование присадок.

3. Концентрация свинца – показывает наличие экологически вредного компонента. При значительном превышении не только загрязняется атмосфера, но и образуется нагар на деталях двигателя, который может привести к его выходу из строя. Свинец может появиться при добавлении к бензину присадки тетраэтилсвинец, которая повышает октановое число. Смесь тетраэтилсвинца с выносителем называется этиловой жидкостью. Бензин, содержащий этиловую жидкость, называется этилированным. Однако затраты на санитарно-гигиенические мероприятия, связанные с применением АД-ТЭС, более чем в 10 раз превышают экономический эффект от его применения. В США, ФРГ, Франции, Японии, Швеции и ряде других стран ТЭС запрещен. В России его перестали выпускать в 2001 г., и его применение тоже практически запрещено. В настоящее время этилированный бензин заменяется неэтилированным.

4. Фракционный состав определяют семью параметрами. Каждый из этих параметров влияет на пусковые свойства зимой или летом, образование паровых пробок, на условия и время сгорания топливо-воздушной смеси. Жидкие парафиновые углеводороды (от C_5 до C_{15}) почти все при перегонке нефти попадают в бензиновый дистиллят. Если в бензине присутствует значительное количество парафиновых углеводородов так называемого нормального строения, то есть таких, в которых атомы углерода соединены в виде прямой цепочки, качество бензина низкое. И наоборот, парафиновые углеводороды изомерного строения, с разветвленной цепочкой углеводородных атомов, имеют высокое октановое число, а бензин, содержащий такие углеводороды, отличается хорошей октановой характеристикой. Содержание в бензине циклоалканов весьма желательно, так как они имеют более высокие октановые числа, чем парафиновые углеводороды нормального строения. Ароматические углеводороды – бензол, толуол, ксилол, этилбензол и другие – являются ценным сырьем для производства высокооктанового бензина, они обладают высокими октановыми числами.

5. Давление насыщенных паров – характеризует физическую стабильность бензина, превышение этого параметра приводит к увеличению вероятности

образования паровых пробок при высоких температурах, понижение затрудняет пуск двигателя зимой.

6. Кислотность – превышение этого параметра выше нормы вызывает коррозию приборов системы питания и деталей двигателя, приводит к снижению его надежности.

7. Концентрация фактических смол – превышение нормы этого параметра уменьшает пропускную способность жиклеров и вызывает обеднение рабочей смеси карбюраторных двигателей, ускоряет засорение или закоксовывание распылителей и форсунок системы впрыска.

8. Массовая доля серы – большое ее количество при высоких температурах способствует образованию окислов, которые при взаимодействии с влагой вызывают интенсивную коррозию металлических деталей.

9. Испытание на медной пластине – показывает коррозионную активность самого бензина.

10. Наличие водорастворимых кислот и щелочей показывает степень возможной коррозии деталей системы питания и двигателя.

11. Содержание механических примесей и воды. Первые засоряют фильтры, ускоряют износ деталей системы питания и двигателя. Вода теоретически (если она во взвешенном состоянии) улучшает процесс сгорания и повышает детонационную стойкость бензина. Практически вызывает коррозию, может вызвать гидроудар в цилиндре, остановить работу двигателя или закупорить трубопроводы, замерзнув в них зимой.

12. Цвет бензина. Если нормируется, служит первичным признаком определения качества. Этилированные бензины должны быть окрашены в оранжево-красный цвет. Остальные либо бесцветные, либо бледно-желтые, для некоторых цвет не определен.

13. Плотность при температуре 20°C. Либо не нормируется, либо не должна превышать определенной величины, например, для бензина Аи-92, согласно ТУ 38. 001165-97, она должна быть не более 770 кг на м³. Превышение этого параметра на работе двигателя не сказывается. Учитывается только при транспортировке и определении стоимости, так как оптом бензин продается по весу, а в розницу – по объему.

Для расчета октанового числа в лабораторных условиях используют приблизительную эмпирическую формулу

$$\text{ОЧ} = 120 - 2 \cdot \left(\Delta t - \frac{58}{5} \cdot \rho_{20} \right),$$

где Δt – разность температур кипения бензина 10 и 90 % фракций, ρ_{20} – плотность нефтепродукта при 20 °С, цифры – это эмпирические коэффициенты.

Задача 1. Расчет октанового числа: Средняя температура кипения 10 и 90 % бензиновой фракции, отобранной в интервале температур 28–100°C нефти Самотлорского месторождения 40 и 93°C соответственно, плотность при 20°C (ρ_{20}) 0,6985 г/см³. Рассчитать октановое число.

Решение: Используя формулу проведем расчет октанового числа.

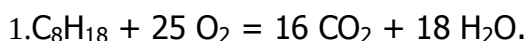
$$\text{ОЧ} = 120 - 2 \cdot \left(93 - 40 - \frac{58}{5} \cdot 0,6985 \right) = 30,21.$$

Для расчета количества кислорода, необходимого для сжигания бензина при работе двигателя используют стандартные методы расчета концентраций по химическим формулам. Аналогично можно рассчитать количество бензина, необходимое для работы двигателя.

Задача 2. Расчет количества кислорода, необходимого для сжигания бензина.

Бак легкового автомобиля вмещает 40 л бензина. Плотность бензина 0,7 кг/л. Рассчитайте, сколько килограммов кислорода необходимо затратить на сжигание данного количества топлива.

Решение: Напишем уравнение реакции горения октана, т.к. этот углеводород является основной составляющей бензинов, расставим необходимые коэффициенты:



Найдем соотношение (в молях) октана и кислорода. Для сгорания 2 молей бензина требуется 25 молей кислорода. Рассчитаем массу бензина, находящуюся в баке используя плотность бензина: $m = \rho * V$, подставим имеющиеся значения:

$$m = 0,7 \text{ кг/л} * 40 \text{ л} = 28 \text{ кг}.$$

Следовательно, в полном баке находится 28 кг бензина. Найдем молекулярные массы октана и кислорода:

$$Mr(C_8H_{18}) = 12*8 + 1*18 = 114 \text{ г/моль}; \quad Mr(O_2) = 16*2 = 32 \text{ г/моль};$$

Подставим полученные данные в уравнение реакции и составим пропорцию:

$$\frac{28 \text{ кг}}{114 \text{ г/моль} * 2 \text{ моль}} = \frac{X \text{ кг}}{32 \text{ г/моль} * 25 \text{ моль}}$$

Отсюда $X = 98,24$ кг кислорода. Ответ: на сжигание 40 л бензина (28 кг) будет израсходовано 98,24 кг кислорода.

Задания для самостоятельного решения (дать письменные ответы)

1. Дать определение октанового числа. Объясните химический смысл данного понятия.

2. Решите задачу:

Средняя температура кипения 10 и 90 % бензиновой фракции, отобранной в интервале температур 28–85°C нефти Советского месторождения 38 и 87° С соответственно, плотность при 20°C (ρ_{20}) 0,6860 г/см³. Рассчитать октановое число по разным формулам:

$$ОЧ = -140 + 246,9 * \rho_{20} \quad (1)$$

$$ОЧ = 120 - 2 * (\Delta t - \frac{58}{5} * \rho_{20}) \quad (2).$$

Сравнить полученные результаты.

3. Решите задачу: Средняя температура кипения 10 и 90 % бензиновой фракции, отобранной в интервале температур 28–85°C нефти Советского месторождения 40 и 78° С соответственно, плотность при 20°C (ρ_{20}) 0,6746 г/см³. Рассчитать октановое число по формулам

$$ОЧ = -140 + 246,9 * \rho_{20} \quad (1)$$

$$ОЧ = 120 - 2 * (\Delta t - \frac{58}{5} * \rho_{20}) \quad (2).$$

Сравнить полученные результаты.

4. Решите задачу: Средняя температура кипения 10 и 90 % бензиновой фракции, отобранной в интервале температур 28–100°C нефти Советского месторождения 44 и 86° С соответственно, плотность при 20°C (ρ_{20}) 0,6817 г/см³. Рассчитать октановое число по формулам

$$ОЧ = -140 + 246,9 * \rho_{20} \quad (1)$$

$$ОЧ = 120 - 2 * (\Delta t - \frac{58}{5} * \rho_{20}) \quad (2).$$

Сравнить полученные результаты.

5. Какие используют методы для получения бензинов, сравните их?

6. Дайте физико-химическую характеристику бензинам.

7. Почему октановые числа бензинов, полученных разными методами, отличаются?

8. Решите задачу. Бак легкового автомобиля вмещает 50 л бензина. Плотность бензина 0,7 кг/л. Рассчитайте, сколько килограммов кислорода необходимо затратить на сжигание данного количества топлива, если в качестве основного топлива взять гексан.

9. Бак автомобиля вмещает 43 л дизельного топлива. Плотность дизельного топлива 0,825 кг/л. Рассчитайте, сколько килограммов кислорода необходимо затратить на сжигание данного количества топлива. В качестве основного топлива взять гексадекан.

10. Как влияет вода на качество бензина? Ответ поясните.

11. Почему для повышения октанового числа в бензин добавляют воду?

Лабораторное занятие №3

Контрольная работа

Цель: обобщить и закрепить полученные знания, умения и навыки по дисциплине.

Выбор варианта – по последней цифре номера зачетной книжки.

Оформление: задания выполняются «от руки» в тетради.

Работа размещается в личном кабинете электронной системы ЗабГУ в формате pdf.

В названии файла указать «Контрольная работа Химия топлива».

Вариант № 1 1. Состав нефти. 2. Показатели качества автомобильных бензинов. 3. Коррозионные свойства ДТ. 4. Классификация газообразных видов топлив. 5. Напишите формулы и дайте названия изомеров гексена. 6. Напишите уравнение реакции горения пропана.	Вариант № 6 1. Химический состав нефти. 2. Система питания карбюраторного двигателя. 3. Марки ДТ. 4. Требования к качеству газообразного топлива. 5. Напишите формулы и дайте названия изомеров гексана. 6. Напишите уравнение реакции взаимодействия пропана с бромом. Продукты реакции назовите.
Вариант № 2 1. Предмет и задачи химмотологии. 2. Плотность автомобильного бензина: методы определения, значение для нормальной работы двигателя. 3. Требования к ДТ. 4. Компоненты сжиженного газа. 5. Напишите формулы и дайте названия изомеров гексина. 6. Напишите уравнение реакции взаимодействия пропана с водой. Продукты реакции назовите.	Вариант № 7 1. Классификация топлив. Примеры. 2. Теплота сгорания топлива: понятие, определение, зависимость от химического состава. 3. Преимущества дизельных двигателей. 4. Компоненты сжатого газа. 5. Напишите формулы и дайте названия изомеров гексанола. 6. Напишите уравнение реакции горения октана.
Вариант № 3 1. Детонационные свойства углеводородов. Октановое число. 2. Коррозионное воздействие автомобильного бензина. 3. Вязкость ДТ, ее значение для нормальной работы двигателя. 4. Получение газообразного топлива. 5. Напишите формулы и дайте названия изомеров хлоргексана. 6. Напишите уравнение реакции взаимодействия 2-бутена с хлором. Продукты реакции назовите.	Вариант № 8 1. Классификация ГСМ. Примеры. 2. Испаряемость как характеристика автомобильного бензина. Давление насыщенных паров. 3. Помутнение и застывание как важные характеристики ДТ, их оценка. 4. Марки сжиженного газа. 5. Напишите формулы и дайте названия изомеров пентена. 6. Напишите уравнение реакции взаимодействия 1-бутена с хлороводородом. Продукты реакции назовите.
Вариант № 4 1. Методы переработки нефти. 2. Причины детонационного сгорания топлива. 3. Механические примеси и вода как нежелательные компоненты ДТ.	Вариант № 9 1. Химический состав природного газа. 2. Вязкость автомобильного бензина: виды, методы определения, значение для нормальной работы двигателя. 3. Рабочий процесс в дизельном двигателе.

4. Преимущества использования сжиженного газообразного топлива. 5. Напишите формулы и дайте названия изомеров пентана. 6. Напишите уравнение реакции взаимодействия бутана с хлором. Продукты реакции назовите.	4. Недостатки сжиженного газообразного топлива. 5. Напишите формулы и дайте названия изомеров пентана. 6. Напишите уравнение реакции взаимодействия 2-бутена с аммиаком. Продукты реакции назовите.
Вариант № 5 1. Крекинг: понятие, виды. 2. Методы определения октанового числа. Способы его повышения. 3. Свойства ДТ, влияющие на образование отложений в двигателе, их оценка. 4. Преимущества использования сжатого газообразного топлива. 5. Напишите формулы и дайте названия изомеров йодпентана. 6. Напишите уравнение реакции взаимодействия 1-гексена с бромом. Продукты реакции назовите.	Вариант № 0 1. Насколько различается теплотворная способность разных видов топлива? Почему? 2. Требования к автомобильным бензинам. 3. Оценка самовоспламеняемости ДТ. 4. Недостатки сжатого газообразного топлива. 5. Напишите формулы и дайте названия изомеров пентанола. 6. Напишите уравнение реакции взаимодействия пропена с сероводородом. Продукты реакции назовите.

Литература:

1. Тютрина С.В. Химия горючесмазочных материалов. – Чита: ЗабГУ, 2016. – 228 с.
2. Глушков Ю.П. Эксплуатационные материалы : учеб. пособие. В 2 ч. Ч. II : **Топливо** для ДВС и специальные жидкости / Ю.П. Глушков. - Чита: ЗабГУ, 2013. - 79 с.: ил. - ISBN 978-5-9293-0937-3
3. Химики - автолюбителям / Б.Б. **Бобович** [и др.]; под ред. А.Я. Малкина. - Ленинград: Химия, Ленингр. отд-е, 1990. - 320 с.: ил.
4. Химия горючих ископаемых [Электронный ресурс]: учебник / Соболева Е.В., Гусева А.Н. - М.: Изд-во МГУ, 2010. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785211055599.html>
5. Химия и технология вторичных процессов переработки нефти [Электронный ресурс] : учебное пособие / М.З. Зарифянова, Т.Л. Пучкова, А.В. Шарифуллин. - Казань: Изд-во КНИТУ, 2015. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785788217550.html>
6. Павлов Г.П. Химия нефти и газа: конспект лекций / Г. П. Павлов. - Чебоксары: ЧГУ, 2014. - 180 с.
7. Кириченко Н.Б. Автомобильные эксплуатационные материалы. Практикум : учеб. пособие / Н.Б. Кириченко. - 2-е изд., стер. - Москва: Академия, 2009. - 96 с.
8. Химия нефти: руководство к практическим и лабораторным занятиям [Электронный ресурс] / И.Н. Дияров, Р.Ф. Хамидуллин, Н.Л. Солодова. - Казань: Изд-во КНИТУ, 2013. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785788214306.html>

Консультации: kns8433@mail.ru

Телефон кафедры химии: 8(3022)41-71-22