



ПРОСПЕКТ СВОБОДНЫЙ-2015

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ СТУДЕНТОВ,
АСПИРАНТОВ И МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ

ЭЛЕКТРОННЫЙ СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ
МЕЖДУНАРОДНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ СТУДЕНТОВ,
АСПИРАНТОВ И МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ
«ПРОСПЕКТ СВОБОДНЫЙ-2015»,
ПОСВЯЩЕННОЙ 70-ЛЕТИЮ ВЕЛИКОЙ ПОБЕДЫ

КРАСНОЯРСК, СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

15-25 АПРЕЛЯ 2015 Г.

Министерство образования и науки Российской Федерации
ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет»

Сборник материалов
Международной конференции студентов,
аспирантов и молодых ученых
«Перспектив Свободный-2015»,
посвященной 70-летию Великой Победы

Красноярск, Сибирский федеральный университет, 15-25 апреля 2015 г.

Красноярск, 2015.

«Нефть и газ. Топливообеспечение и горюче-смазочные материалы»



ПРОСПЕКТ СВОБОДНЫЙ-2015

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ СТУДЕНТОВ, АСПИРАНТОВ И МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ

Красноярск, Сибирский федеральный университет, 15-25 апреля 2015 г.

PURIFYING OF GASOLINE BY ALTERNATIVE METHOD

Palichev A. T.,

scientific leader Assoc. Prof. PhD Tasheva Y. Ts.

University Prof. Dr Assen Zlatarov - Burgas

Abstract

Because of the serious consequences of burning sulfur-ladingfuels, stringent regulations on the sulfur content of transportation fuels have been issued recently. The sulfur content must drop from the current average of several hundreds ppm to less than 10 ppm in gasoline and diesel fuels.

The presented work considered a possibility to obtain an ecological gasoline component from gasoline fraction by an alternative method.

It was concluded that the obtained new gasoline component required to European norms and Bulgarian State Standard for commodity ecological component for using about gasoline.

Key words: *solvent, oil fraction, extraction*

Introduction

The aim of the present paper is to study the possibility to use an alternative method for obtaining of ecological fuel from a raw-material with sulfur content 230 ppm and benzene content up to 0.6 % (m/m).

Thiophene and its derivatives are major sulfur compounds in the fuel with boiling point higher than 100 °C, therefore, they usually sum up to 50–80% of the total sulfur content in diesel and jet fuels [1]. As indicated by Song [1], thiophenes and benzothiophenes dictate the degree of deep desulfurization. Difficulty is accounted in the effort of removing thiophenic compounds from fuels using the technologies available presently. Hydrodesulfurization (HDS) is widely applied in refineries; however, it is not quite efficient for the removal of thiophenes if the fuel also contains considerable olefins/aromatic components [2] because the double bonds of the thiophenic compounds are less reactive compared to that of olefins or aromatic hydrocarbons in hydrogenation.

All methods basing on the double bond reactivity of thiophenes met similar problems. Porous materials provide a huge interface area, therefore, are suitable for the collection of dilute species. These materials have been directly used as thiophene adsorbent [3] or as the support of Cu⁺ to enhance the adsorption [4]. However, the desulfurization function of this kind of adsorbents suffers from the existence of moisture and/or too many aromatic components in fuel [5].

Therefore, a new desulfurization method has to be developed, and such an effort is presented here.

Experimental

All reagents used for the experiments were commercially available and were not purified further.

It was used raw material – petroleum product from Bulgarian oil, which was produced by Bulgarian Petroleum Refinery Ltd. - Sofia.

The physico-chemical characteristic of used petroleum fraction is given in Table 1. We used the follow solvents: fufural, diethylene glycol (DEG), dimethyl formamide (DMFA) and aminoethanol.



Table 1. Physico-chemical properties of gasoline fraction

Parameters	Test methods	Experimental value
1. Distillation characteristics i.p., °C to 70 °C to 100 °C to 150 °C e.p., °C	BSS EN ISO 3405:2011	37 24.0 56.5 86.0 196
2. Oxygen, % (v/v)	BSS EN 1601:2004	0.22
3. Benzene, % (m/m)	BSS EN 12177+AC: 2003	1.2
4. Sulphur content, ppm	BSS EN ISO 20846:2012	230
5. Hydrocarbon composition -olefins, % (m/m) -arenes, % (m/m)	ASTM D 1319:2012	4.5 20.2
6. Density at 15 °C, g/cm ³	BSS EN ISO 3675:2004	0.755

The physico-chemical properties of solvents are given in Table 2. The raw-material is treated by method, which is given in previous studies. The obtained selective products (raffinates) were investigated about determination of sulphur, arene contents and benzene. The determinations of sulfur were provided on “Antec 9000” – USA by BSS EN ISO 20846: 2012, and benzene contents were carried by BSS EN 12177 + AC: 2003. The total amount of arene contents were measured by ASTM D 1319:2012.

The changes of sulphur and arene contents in products after treatment by corresponding polar solvents are given in Tables 3 and 4. The changes of benzene content are given in figure 1.

Table 2. Physico-chemical properties of used polar solvents

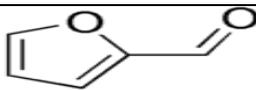
Solvent	Molecular formula	Density at 20 °C, g/cm ³	Boiling point, °C	Melting point, °C	Molecular mass, g/mol
Furfural		1.16	162.0	37	96.10
DMFA	C ₃ H ₇ NO	0.9487	—	- 61	73.09
DEG	C ₄ H ₁₀ O ₄	1.12	244.0	- 6	106.10
Amino ethanol	HO (CH ₂) ₂ NH ₂	—	170.5	—	61.08

Table 3. Change of sulfur content and arene hydrocarbons after treatment of raw material with furfural

Contact time, min	Sulfur content, ppm	Arene hydrocarbons, %
<i>ratio = raw</i>	<i>material: furfural =</i>	<i>1:1</i>
30	24.00	17.1
45	22.50	16.2
60	22.30	15.5
75	22.03	14.6



90	21.57	13.2
120	21.32	12.4
ratio = raw	material: furfural =	1:2
30	22.45	15.1
45	22.15	14.2
60	18.02	13.4
75	17.55	12.1
90	16.13	11.0
120	15.22	9.7

Table 4. Change of sulfur content and arene hydrocarbons after treatment of raw material with DMFA

Contact time, min	Sulfur content, ppm	Arene hydrocarbons, %
ratio = raw	material: DMFA =	1:1
30	24.00	18.2
45	22.95	17.3
60	22.85	16.6
75	22.45	14.9
90	21.75	13.6
120	22.20	12.7
ratio = raw	material: DMFA =	1:2
30	23.00	16.3
45	22.15	15.2
60	19.22	13.6
75	18.55	12.5
90	17.30	11.5
120	16.50	10.8

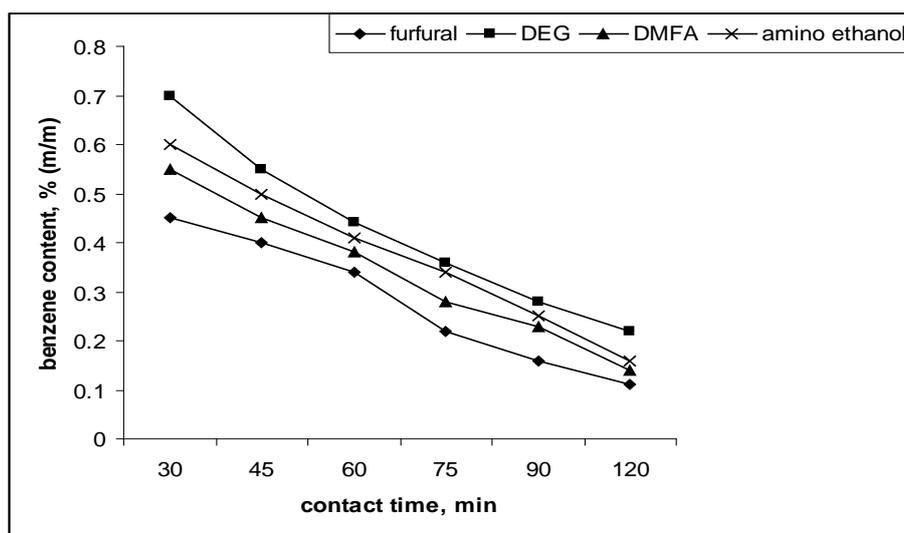


Fig 1. The dependence of benzene content from contact time / ratio raw material: solvent 1:2/



Results and Discussion

The presented experimental data are shown that the change of sulfur content, arene hydrocarbons and benzene content is increasing with increasing of ratio raw material: polar solvent. The obtained experimental data confirmed previous investigations of our team about extraction process of diesel and gasoline and the effect of temperature, contact time under extracting of unlikely components from oil materials.

From the investigated selective solvents of us as the best results we receive at using of furfural at ratio raw-material: solvent = 1:2, better results - DMFA /ratio raw-material: solvent = 1:2/, and the worst results when we used DEG.

Conclusions

It's established that increasing the temperature closer to critical temperature of mixture raw-material: polar solvent led to better extracting of sulphur and arene compounds from investigated gasoline fraction. It's proved that increasing of contact time led to cleaner raffinates, too.

References

1. Westphal, G., J. Krahl, T. Bruning, E. Hallier, J. Bunger, Ether oxygenate additives in gasoline reduce toxicity of exhausts, *Toxicology* 268, 2010, 198–203.
2. Nakamura, D., Evolving Fuel Specifications to drive refining spending in 2002”. *Oil and Gas Journal*, 2002, 100, № 1, p. 81 - 86.
3. Song CS, An overview of new approaches to deep desulfurization for ultra-clean gasoline, diesel fuel and jet fuel. *Catal Today* 86:211-263 (2003).
4. Song CS and Ma XL, Ultra-deep desulfurization of liquid hydrocarbon fuels: Chemistry and process. *Int J Green Energy* 1:167-191 (2004).
5. Babich VI and Moulijn JA, Science and technology of novel processes for deep desulfurization of oil refinery streams: A review. *Fuel* 82 (2003).



ВЛИЯНИЕ БАЗОВОЙ ОСНОВЫ И ПРОЦЕССОВ ОКИСЛЕНИЯ НА ВЯЗКОСТНО-ТЕМПЕРАТУРНЫЕ СВОЙСТВА МОТОРНЫХ И ТРАНСМИССИОННЫХ МАСЕЛ

Агровиченко Д.В.

научный руководитель д-р техн. наук Ковальский Б.И.

Сибирский федеральный университет

Вязкостно-температурные свойства – одна из важнейших характеристик смазочных материалов, определяющая температурный диапазон их работоспособности в технических системах. Характеристиками вязкостно-температурных свойств служат кинематическая вязкость, определяемая в капиллярных вискозиметрах, динамическая вязкость, измеряемая при различных градиентах скорости сдвига в ротационных вискозиметрах, и индекс вязкости – безразмерный показатель пологости вязкостно-температурной зависимости, рассчитываемой по значениям кинематической вязкости масел, измеренной при 40 и 100 °С [1,2] (ГОСТ 25371-82).

К низкотемпературным характеристикам масел относят температуру застывания, при которой масло теряет текучесть. Для исследования выбраны трансмиссионные масла: минеральное «Bizol 80W-90 GL4»; частично синтетические «Bizol 75W-90 GL4», «Bizol 75W-90 GL5»; синтетическое «Bizol 75W-90 GL5»; моторные масла: минеральное «Роснефть Optimum 10W-40 SQ/CD»; синтетическое «Mobil-1 0W-40SN/SM». Влияние процессов окисления на вязкостно-температурные свойства оценивались на моторных маслах: минеральном «Лукойл Стандарт 10W-40 SF/CC»; частично синтетическом «Роснефть Optimum 10W-40 SL/CF» и синтетическом Mobil-1 NewLife 0W-40 SN/SM. Измерение кинематической вязкости производилось на малообъемном вискозиметре, разработанном на кафедре «Топливообеспечение и ГСМ» Института нефти и газа Сибирского федерального университета [3]. Результаты исследования влияния базовой основы трансмиссионных масел на вязкостно-температурные свойства приведены на рисунке 1.

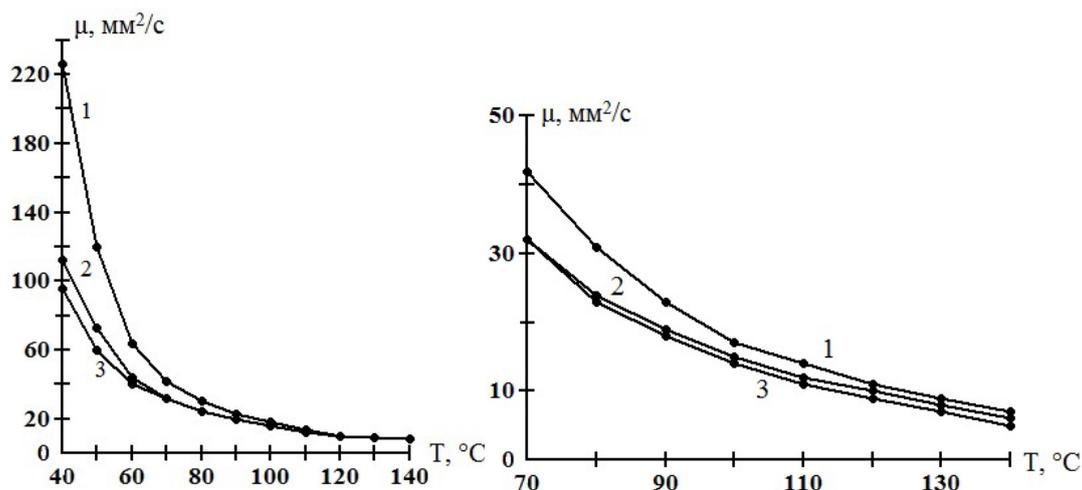


Рис. 1. Зависимости кинематической вязкости трансмиссионных масел различной базовой основы от температуры испытания:

1 – минеральное «Bizol 80W-90 GL4»;

2 – частично синтетические «Bizol 75W-90 GL4», «Bizol 75W-90 GL5»; MT-1;

3 – синтетическое «Bizol 75W-90 GL5».



Согласно данным значительные различия в кинематической вязкости установлены для минерального масла (кривая 1) при температуре 40 °С. Наименьшая вязкость при этой температуре установлена для синтетического масла (кривая 3). При температуре испытания 100 °С вязкость исследованных масел составила: минерального – 17,24 мм²/с; частично синтетического – 15,03 мм²/с и синтетического – 13,92 мм²/с, а при температуре 140 °С она соответственно составила: 7,62, 6,74 и 5,52 мм²/с.

Таким образом, базовая основа в основном влияет на кинематическую вязкость при температуре ниже 60 °С.

Для моторных масел (рисунок 2) базовая основа в меньшей степени влияет на изменение вязкости при температурах ниже 60 °С. Так, при температуре 40 °С вязкость составила: для минерального масла – 118,89 мм²/с, частично синтетического – 126,2 мм²/с и синтетического – 87,4 мм²/с, а при 100 °С вязкость соответственно составила: 12,71, 15,03 и 13,37 мм²/с, тогда как при 140 °С она составила: 5,08; 5,864 и 4,86 мм²/с.

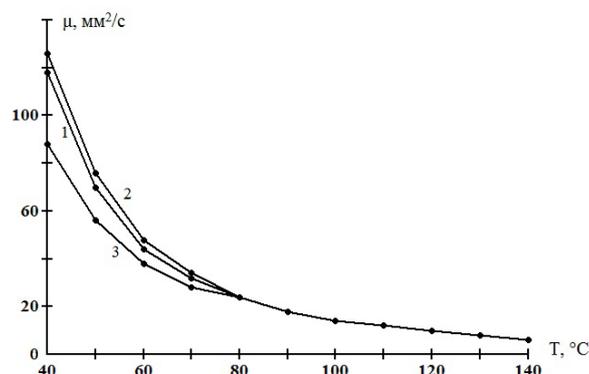


Рис. 2. Зависимости кинематической вязкости моторных масел различной базовой основы от температуры испытания:

- 1 – минеральное «Роснефть Оптима 10W-40 SQ/CD»;
- 2 – частично синтетическое «Роснефть Оптима 10W-40 SL/CF»;
- 3 – синтетическое «Mobil-1 NewLife 0W-40 SN/SM (A₃/B₃)»

Результаты исследования влияния базовой основы и процессов окисления на вязкостно-температурные свойства моторных масел представлены на рисунках 3-5.

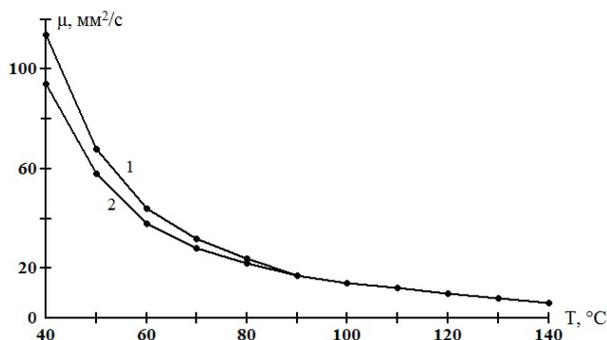


Рис. 3. Зависимости кинематической вязкости минерального моторного масла «Лукойл Стандарт 10W-40 SF/CC» от температуры испытания:

- 1 – товарное; 2 – окисленное до $K_{II}=0,9$ ед.

Степень окисления оценивалась фотометрическим методом по коэффициенту поглощения светового потока K_{II} . Для минерального (рисунок 3) и частично синтетического моторных масел процессы окисления уменьшают вязкостно-температурные свой-

ства в диапазоне температур от 40 до 70 °С. В диапазоне температур от 80 до 140 °С для минерального масла и от 110 до 140 °С для частично синтетического процессы окисления практически не оказывают влияния на вязкость. На уменьшение вязкости при низких температурах оказывают влияние продукты температурной деструкции вязкостных присадок и базовой основы.

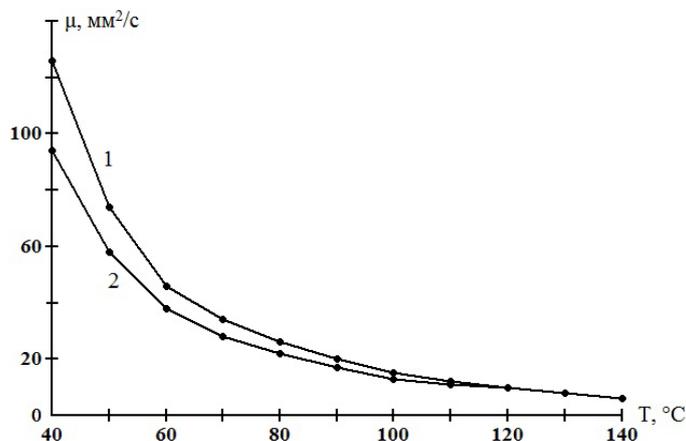


Рис. 4. Зависимости кинематической вязкости частично синтетического моторного масла «Роснефть Орбитим 10W-40 SL/CF» от температуры испытания:
1 – товарное; 2 – окисленное до $K_{II}=0,17$ ед.

Для синтетического масла (рисунок 5) продукты окисления увеличивают вязкость значительно больше, чем у минерального и частично синтетического масел. Так, при температуре испытания 40 °С вязкость товарного масла составила 87,4 мм²/с, а окисленного – 173,04 мм²/с, т.е. при окислении в синтетических маслах образуются продукты, увеличивающие вязкость.

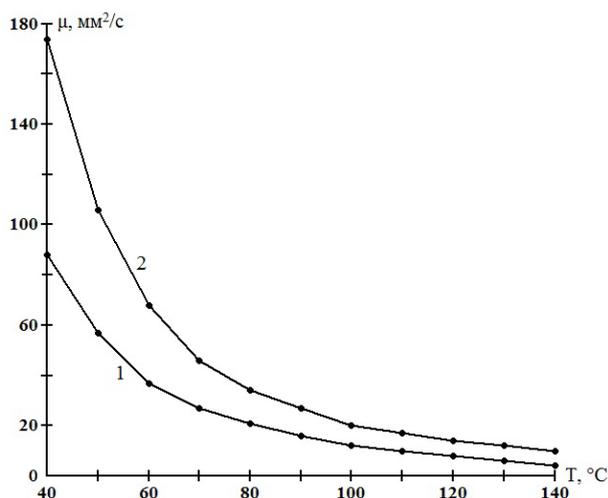


Рис. 5. Зависимости кинематической вязкости синтетического моторного масла «Mobil-1 NewLife 0W-40 SN/SM» от температуры испытания:
1 – товарное; 2 – окисленное до $K_{II}=0,173$ ед.

Вязкостно-температурные характеристики товарных моторных и трансмиссионных масел можно представить в логарифмических координатах. Согласно данным для моторных минерального и частично синтетического масел характеристики различаются незначительно. Минимальный угол наклона вязкостно-температурной характеристики

к оси абсцисс для синтетического масла. Кроме того, при температуре больше 110 °С характеристика приобретает изгиб, что объясняется проявлением в масле продуктов температурной деструкции. При испытании трансмиссионных масел также установлен наименьший угол наклона вязкостно-температурной характеристики для синтетического масла и ее изгиб при температурах выше 110 °С. В логарифмических координатах также можно представить влияния процессов окисления моторных масел на вязкостно-температурные характеристики. Угол наклона характеристик к оси абсцисс уменьшается для окисленных минеральных и частично синтетических масел по сравнению с характеристиками для товарных масел. Для синтетического моторного масла угол наклона вязкостно-температурной характеристики к оси абсцисс окисленного масла больше, чем у товарного, а изгиб характеристики для товарного масла происходит при температуре выше 110 °С, а окисленного – выше 120 °С. Процесс окисления для синтетических масел увеличивает их вязкость за счет продуктов окисления. Изгиб характеристики для товарного масла вызван процессами температурной деструкции, понижающими вязкость, а изгиб окисленного масла вызван процессами окисления, увеличивающими вязкость синтетического масла. Индекс вязкости (*ИВ*) как показатель пологости вязкостно-температурной характеристики исследуемых масел (товарных и окисленных) оценивался по стандарту [2] с использованием формулы:

$$ИВ = \frac{L-U}{D} \cdot 100,$$

где *L* – кинематическая вязкость, определяемая по таблице 3 стандарта [2];

U – кинематическая вязкость при 40 °С нефтепродукта, индекс вязкости которого требуется определить;

D – параметр, определяемый по таблице 3 [2], мм²/с.

Индекс вязкости моторных масел составил: минерального «Роснефть Optimum 10W-40 SQ/CD» – 98; частично синтетического «Роснефть Optimum 10W-40 SL/CF» – 116; синтетического «Mobil-1 NewLife 0W-40 SN/SM» – 134; трансмиссионных масел: минерального «Bizol 80W-90 GL4» – 78; частично синтетических «Bizol 75W-90 GL4», «Bizol 75W-90 GL5» – 124; синтетического «Bizol 75W-90 GL5» – 130. При окислении масел индекс вязкости составил: минерального «Лукойл Стандарт 10W-40 SF/CC»: товарного – 114; окисленного – 124; частично синтетического «Роснефть Optimum 10W-40 SL/CF»: товарного – 116; окисленного – 130; синтетического «Mobil-1 NewLife 0W-40 SN/SM»: товарного – 134; окисленного – 127. На основании проведенных исследований установлено, что базовая основа и процессы окисления влияют на вязкостно-температурные характеристики как моторных, так и трансмиссионных масел, кроме того, для синтетических масел данные характеристики имеют изгиб при температурах выше 110 °С.

Список литературы

1. Топлива, смазочные материалы, технические жидкости. Ассортимент и применение: Справочник / И.Г. Анисимов, К.М. Бадышева, С.А. Бнатов и др.; под ред. В.М. Школьников. Изд. 2-е перераб. и доп. – М.: Издательский центр «Техинформ», 1999. – 596 с.: ил.
2. ГОСТ 25371-97 (ИСО 2909-81) Расчет индекса вязкости по кинематической вязкости.
3. Термоокислительная стабильность трансмиссионных масел: монография / Б.И. Ковальский, Ю.Н. Безбородов, Л.А. Фельдман, Н.Н. Малышева. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2011. – 150 с.



ТОРМОЖЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ОКИСЛЕНИЯ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА ИНГИБИТОРАМИ ФЕНОЛЬНОГО ТИПА В ПРИСУТСТВИИ СПИРТОВ И НИТРОСОЕДИНЕНИЙ

Архипова О. В.,

научный руководитель канд. техн. наук Шупранов Д. А.

Сибирский федеральный университет

Качество топлив при хранении и транспортировании изменяется в результате протекания сложных физико-химических превращений. Изменения состава и свойств топлива происходит в результате окисления кислородом воздуха химически наиболее не устойчивых соединений входящих в состав топлива [1].

Окисление протекает в условиях эксплуатации, при длительном хранении и при переработке из-за воздействия кислорода или комбинированного воздействия кислорода и нагрева, кислорода и механической нагрузки, кислорода и света [2].

Реальной проблемой является окисление топлив, приводящее к образованию смолистых веществ и нерастворимых осадков. Они нарушают нормальную работу двигателя и топливной аппаратуры, отлагаясь на их поверхностях. Для улучшения качества топлив применяют присадки – ингибиторы окисления.

Изучение особенностей окисления углеводородов топлив в процессе их длительного хранения и последующего применения, непосредственно связано с поиском новых путей защиты от окислительной деструкции с целью сохранения качества топлив [3].

С принятием технического регламента на топлива во все нормативные документы на любые виды топлива внесены соответствующие изменения, связанные с ужесточением требований к качеству. Наиболее существенные изменения претерпел ГОСТ 305 «Топливо дизельное», по которому вырабатывается основная масса (более 70%) дизельного топлива. Сегодня, исходя из экологических норм, этот регламент требует удаления серы из топлив, что приводит к уменьшению окислительной стабильности, так как соединения серы являются естественными антиоксидантами и способствуют торможению процесса окисления углеводородов топлив. Исходя из этого, наиболее эффективным и экономически выгодным способом защиты топлив от окислительной деструкции является применение синтетических присадок-антиоксидантов.

В связи с этим целью работы является разработка новых синтетических присадок- антиоксидантов

Действие антиокислителей основано на их участии в процессах окисления углеводородов топлив. Эти процессы развиваются по цепному механизму через свободные радикалы, поэтому их развитие можно задержать, замедлив образование свободных радикалов или их последующее превращение. Антиоксиданты могут действовать несколькими путями, но всегда продукты, образующиеся из молекулы антиоксиданта, должны быть менее активны, чем свободные радикалы, возникающие в системе и ведущие реакционные цепи.

Присадки-антиоксиданты имеют следующий механизм действия:

- антиоксиданты, обрывающие цепи по реакции с пероксидными радикалами (фенолы и ароматические амины);
- антиоксиданты, обрывающие цепи по реакции с алкильными радикалами (нитросоединения, хиноны, нитроксильные радикалы);
- антиоксиданты, разрушающие гидропероксиды без образования свободных радикалов (соединения серы, азота, фосфора и др.);

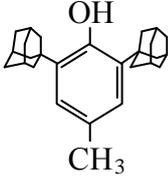
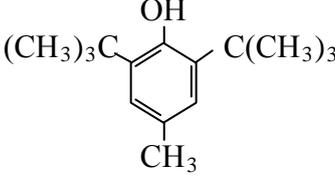
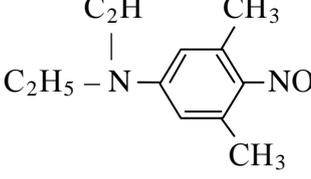
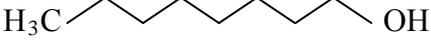


- антиоксиданты смешанного действия, в которых нередко проявляются синергетические эффекты [1].

Из литературных данных так же установлено, что при добавлении к топливу спиртов период индукции увеличивается и уменьшается масса образовавшегося осадка. Основываясь на теоретические данные, предложена и экспериментально проверена новая присадка-антиоксидант. Согласно теории можно предположить, что введение нескольких различных типов соединений в топливо позволит эффективнее тормозить процесс окисления.

В качестве антиоксидантов использовали фенолы, нитрозоанилины и спирт, а так же их смесь для сравнения с промышленно используемым ионолом.

Таблица 1. Химическая структура исследованных соединений.

Соединение №	Структурная формула	Название, брутто-формула
I		2,6-диадамантил-4-метилфенол C ₂₇ H ₃₆ O
II		2,6-дитретбутил-4-метилфенол C ₁₅ H ₂₄ O
III		N,N-диэтил-3,5-диметил-4-нитрозоанилин C ₁₂ H ₁₈ N ₂ O
IV		Октанол-1 C ₈ H ₁₇ OH

Методика заключалась в термоокислении дизельного топлива, полученного атмосферной перегонкой нефти Ванкорского месторождения, содержащего антиоксиданты различного строения. Окисление проводили кислородом воздуха в стеклянном реакторе барботажного типа (рисунок 1) при 150°C при скорости подачи воздуха 6,5 л/ч и объеме окисляемого топлива 100 мл. Время окисления – 12 ч, с отбором проб каждые 30 минут.

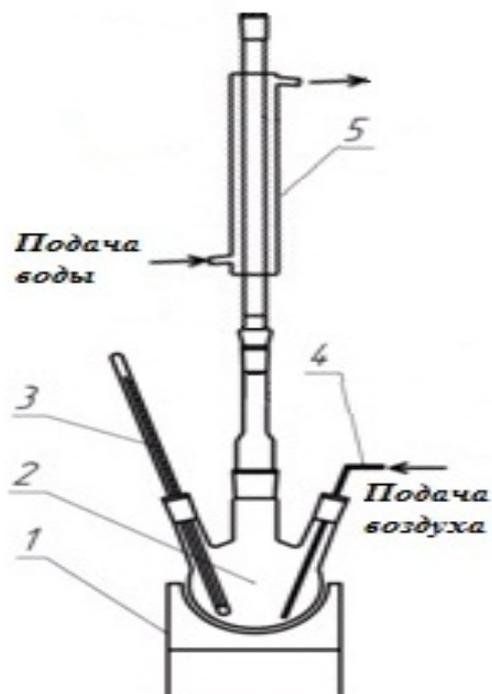


Рисунок 1. Общий вид установки для окисления дизельного топлива.

Сначала проводилось окисление топлива без присадок. Затем, для сравнения, проводилось термоокисление топлива с 2,6-дитретбутил-4-метилфенолом (ионолом) и 2,6-диадамантил-4-метилфенолом (диадамантилом), с диадамантилом в присутствии спирта (октанола-1) и смеси диадамантила, октанола и N,N-диэтил-3,5-диметил-4-нитрозоанилина. На основании литературных данных было решено использовать фенолы и нитрозоанилин в концентрации 0,01% масс., а для спирта концентрация составляла 0,2% по массе.

Об эффективности ингибирования судили по изменению оптической плотности дизельного топлива. Контролировали эту величину с помощью колориметра. Опыт проводился с отбором проб по 2,5 мл каждые 30 минут с охлаждением на воздухе без возврата в реактор. Рабочая длина исследуемого слоя жидкости определяется рабочими длинами кювет – 1, 3, 5, 10, 20, 30, 50, 100 мм. В нашем испытании использовались кюветы 5 мм.

Весь спектральный диапазон разбит на спектральные интервалы, выделяемые с помощью светофильтров. Для испытания был выбран синий светофильтр (цвет раствора – желтый) с длиной волны 440 нм.

Таблица 2. Результаты определения оптической плотности дизельного топлива.

Показатель	Без присадки	I	IV	II	I+IV	I+III+IV
Оптическая плотность после 12 ч	1,34	0,37	0,62	0,41	0,86	0,35

2). Результаты испытаний для наглядности представлены в виде графика (рисунок 2).

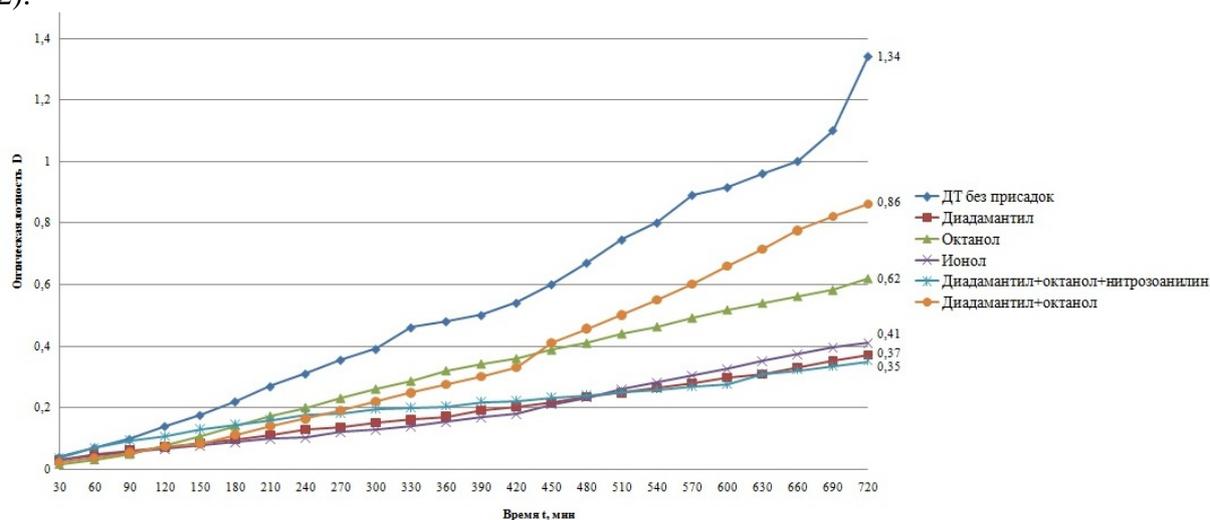


Рисунок 2. График зависимости оптической плотности топлива от времени его окисления.

Анализ результатов испытаний позволяет расположить все изученные соединения в порядке уменьшения их антиокислительной стабильности в топливе в следующий ряд:



В группе фенолов (соединения I, II) лучшие результаты получены с 2,6-диадамантид-4-метилфенолом (I). Наибольшей антиокислительной активностью обладают 2,6-диадамантил-4-метилфенол и N,N-диэтил-3,5-диметил-4-нитрозоанилин, работающие вместе в присутствии спирта (октанола-1). Замедление процесса окисления топлива в этом случае происходит не только за счёт ингибирующего действия нитрозоанилина и фенола, но и за счёт ингибирующего действия спирта. Введение в топливо в качестве антиокислительной присадки диадамантила и спирта по отдельности оказалось более эффективным, нежели совместное их использование. Таким образом, экспериментально проверено и подтверждено совместное действие нитрозоанилинов и фенолов в присутствии спиртов в качестве присадок-антиоксидантов к дизельным топливам. Испытанные соединения действуют сразу по трем механизмам, а именно: фенолы обрывают цепи по реакции с пероксидными радикалами, нитрозоанилины обрывают цепи по реакции с алкильными радикалами, а так же за счёт присутствия в них NO группы разрушают гидропероксиды без образования свободных радикалов. И как упоминалось выше, спирты увеличивают индукционный период.

Список использованных источников

1. Шупранов Д. А. Методы контроля качества и повышение термоокислительной стабильности углеводородных топлив: дис. ... канд. техн. наук: 05.11.13 / Шупранов Дмитрий Александрович. – Красноярск, 2011. – 126 с.

2. Орловская Н. Ф. Окисление топлива 3-0,2-минус 45 в присутствии замещенных фенолов и ариламинов / Н. Ф. Орловская, О. Ю. Петрова // Вестник КГТУ. Вып. 25. Транспорт. Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2001. – С.223-228.

3. Шупранов Д. А. Пути повышения окислительной стабильности среднедистиллятных топлив / Д. А. Шупранов., Н. Ф. Орловская, И. В. Надейкин // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. – 2008. – №12. – С.16-19.





УДК 552.578.1

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГАЗОВОГО ТОПЛИВА ДЛЯ АВТОБУСНОГО ПАРКА ГОРОДА КРАСНОЯРСКА

Бикташев П. В., Бикташев Р. В.,
научный руководитель канд. техн. наук Шупранов Д. А.
Сибирский Федеральный Университет

Во многих странах мира наметилась тенденция к использованию природного газа в качестве моторного топлива для автотранспорта. Для России природный газ выступает надежным энергоресурсом, на территории страны сосредоточено 23,7% его мировых запасов. Использование природного газа в качестве моторного топлива имеет экологические, экономические и технические преимущества, а также соответствует государственной стратегии развития энергетики – диверсификации в области энергопотребления. Природный газ – самое подготовленное к внедрению альтернативное топливо, поскольку имеется опыт его использования, автопроизводители уже приступили к расширению линейки газовых транспортных средств. Во многих центральных городах России уже существует базовая заправачная структура [1].

Красноярск – промышленный центр Восточной Сибири с населением более 1 млн. человек давно испытывает проблему загазованности городской среды. Одним из главных факторов, влияющих на экологическую обстановку в городе являются токсичные отработавшие автомобильные газы.

Согласно государственному докладу «О состоянии и охране окружающей среды в Красноярском крае за 2013 год» суммарные выбросы загрязняющих веществ от автотранспорта в городе Красноярске за 2013 год составил 89 тысяч тонн, это составляет 38% от общего числа выбросов в атмосферу [2].

Использование газового топлива в качестве моторного для общественного транспорта поможет сократить количество выбросов вредных веществ в атмосферу. Важным преимуществом является и то, что стоимость газового топлива гораздо ниже стоимости бензина или дизельного топлива.

Целью данной работы является использование газового топлива в качестве альтернативного для автобусного парка города Красноярска. Для этого необходимо решить следующие задачи: выбрать тип газобаллонного оборудования в соответствии с типом двигателей автобусов, выбрать тип газомоторного топлива, используемого для питания двигателей автобусов. Обеспечить выбранным газовым топливом автобусный парк города Красноярска.

Для решения первой задачи было проведено исследование автобусного парка Красноярска с целью определения типа двигателя, используемого в качестве источника механической энергии. В процессе работы был составлен подробный список маршрутов и автобусов, работающих на этих маршрутах. В результате проведенного исследования был сделан вывод, что подавляющее большинство автобусов Красноярска имеет дизельные двигатели.

Существуют два способа перевода дизельного двигателя для работы на газовом топливе:

1. Конвертация дизеля в газовый двигатель с искровым зажиганием, работающий по циклу Отто, с естественными потерями ряда положительных свойств цикла Дизеля;
2. Работа на газообразном и жидком топливах одновременно по так называемому двухтопливному (газодизельному) циклу.

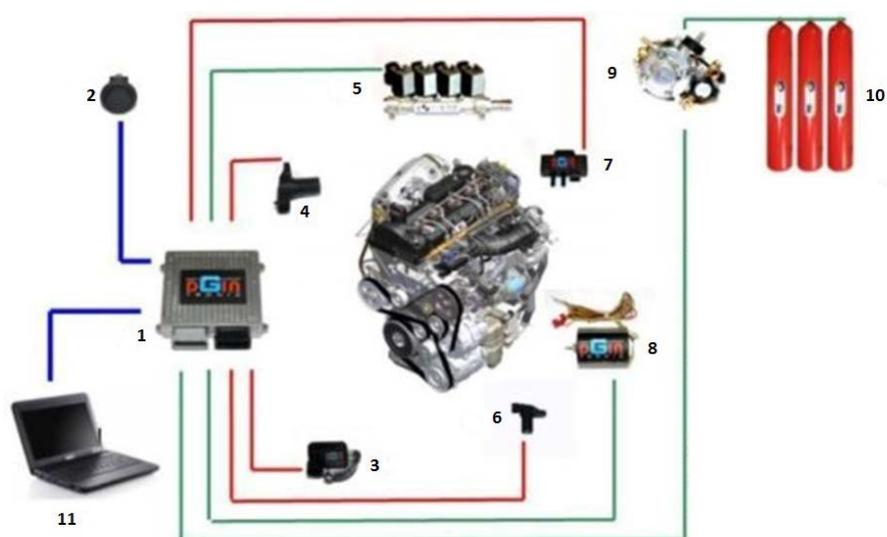


Конвертация дизеля в газовый двигатель с искровым зажиганием предусматривает установку системы зажигания, изменение конструкции головки блока цилиндров и уменьшение степени сжатия, зависящей для данного двигателя от особенностей его конструкции и рабочего процесса газового двигателя.

При использовании двухтопливной системы питания в дизельных двигателях существенным преимуществом является то, что нет необходимости проводить доработку двигателя. К преимуществам можно отнести и простоту перехода с одного вида рабочего процесса (газодизельного) на другой (дизельный) и наоборот.

Анализируя преимущества и недостатки обоих способов, выбираем перевод дизельного двигателя на двухтопливную систему питания, так как при этом исключается необходимость сложных конструктивных доработок двигателя.

На рисунке 1 представлен состав оборудования системы газового питания.



1 - электронный блок управления; 2 – переключатель для топлива; 3 - датчик положения дроссельной заслонки; 4 - датчик положения распредвала; 5 - форсунки; 6 - датчик положения коленчатого вала; 7 - MAP датчик (датчик абсолютного давления воздуха); 8 - шаговый двигатель; 9 - газовый редуктор; 10 - баллон высокого давления для газа.

Рисунок 1. Состав оборудования системы газового питания

При решении второй задачи было выявлено, что к газообразным углеводородным топливам, которые достаточно широко применяются в настоящее время и имеют перспективы расширения их использования, относятся:

1. Сжиженный углеводородный газ (СУГ) – пропан-бутановая смесь.
2. Компримированный (сжатый) природный газ (КПГ) – метан;

СУГ по сравнению с КПГ имеет значительно более высокую температуру кипения при атмосферном давлении (СУГ – минус 42,5°С, КПГ – минус 162°С) и критическую температуру (СУГ – плюс 96,8°С, КПГ – минус 82,5°С). Такие свойства позволяют хранить пропан-бутан в сжиженном состоянии в диапазоне эксплуатационных температур от - 40 до + 45°С при относительно низком давлении (до 1,6 МПа). Основными преимуществами газов, находящихся в сжиженном состоянии, по сравнению с компримированным газом являются: большая концентрация тепловой энергии в единице объема, значительно меньшее рабочее давление в баллонах, меньшая масса и стоимость оборудования.

Метан - основной компонент сжатого природного газа. КСП находится в баллонах под высоким давлением (20 МПа). Заправку автотранспорта выполняют на автомобильных газонаполнительных компрессорных станциях. Баллоны для хранения КСП и оборудование имеют толстые стенки и большую массу, а также их стоимость значительно выше, чем у баллонов СУГ.

Для автобусов целесообразнее применить газодизельную систему питания. Анализируя преимущества и недостатки использования обоих газовых топлив в данной системе питания, было выявлено, что использование КСП будет эффективнее. Замещение дизельного топлива КСП при максимальных нагрузках будет составлять 75-80%, а СУГ всего лишь 15-20%. Отсюда следует, что и количество вредных выбросов будет тем ниже, чем больше замещение дизельного топлива газом. Так же применение КСП на 50-70% увеличивает срок службы двигателя.

Основным недостатком использования КСП в качестве топлива в Красноярске является отсутствие системы поставок, хранения и сбыта КСП.

Для решения этой проблемы предлагается способ оптовых перевозок сжатого газа из ближайшего региона с помощью передвижных транспортных емкостей, которые, в некотором роде, являются альтернативой газопроводу.

За пункт отправки КСП принимаем город Кемерово, в котором присутствует ближайший магистральный газопровод, благодаря наличию последнего возможны оптовые поставки газа. Доставка КСП будет осуществляться с помощью системы транспортировки газа, состоящей из тягача и прицепа. На базе прицепа располагаются ёмкости для хранения КСП, вместимостью от 7 до 10 тыс.м³. Газ в емкостях находится под давлением до 25 МПа.

Для заправки автобусов газом на территории города предполагается строительство дочерних автогазонаполнительных компрессорных станций (АГНКС). Особенностью таких станций является то, что заправка транспортных средств будет осуществляться непосредственно с прицепа через топливораздаточные колонки (рисунок 2). Существенным преимуществом таких АГНКС является их мобильность и модульность, так как все оборудование станции размещено в одном контейнере.



Рисунок 2. Дочерняя АГНКС

В состав оборудования такой АГНКС входит: насосно-гидравлическая установка, гидравлический насос подъема прицепа с КПП, электронный блок автоматического контроля и управления, раздаточная КПП – колонка, КПП – трейлер.

На основе имеющихся данных был проведен экономический расчет стоимости доставки КПП, который показал, что цена за 1 м³ привезенного газа будет около 10 рублей. При этом расстояние между городами - 534 км, а время доставки КПП будет составлять около 10 часов.

Таким образом, предложено перевести автобусный парк города Красноярска на двухтопливную газодизельную систему питания. В качестве топлива будет использоваться КПП. Заправка автобусов будет проводиться через сеть дочерних АГНКС, на которые топливо доставляется автомобильным транспортом из города Кемерово.

Подводя итоги проделанной работы, можно сказать, что перевод автобусного парка города Красноярска на КПП положительно скажется на экологии города, а также позволит автотранспортным предприятиям экономить средства на закупке топлив.

Список литературы

1 Корниенко, Д. Г. Основные направления развития рынка газомоторного топлива в России / Д. Г. Корниенко // Транспорт на альтернативном топливе: международный научно-технический журнал / Национальная газомоторная ассоциация. – 2013. - № 4. – С. 8.

2 Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды в Красноярском крае в 2013 году» – Красноярск, 2014.

3 Применение и эксплуатация газобаллонного оборудования: Учебное пособие / В. А. Лиханов., Р. Р. Девятьяров. – Киров: Вятская ГСХА, 2006. - 183 с.

4 Автономная газификация. Системы транспортировки газов (альтернатива газопроводу) // Компания «ГазСервисКомпозит» [сайт]. – Москва, 2015. – Режим доступа: <http://gassc.com/>



**АССОРТИМЕНТ АВИАЦИОННЫХ БЕНЗИНОВ,
ВЗАИМОЗАМЕНЯЕМОСТЬ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ
АВИАЦИОННЫХ БЕНЗИНОВ**

Евтушенко М.М.

Сибирский федеральный университет

Классификация авиационных бензинов основывается на их антидетонационных свойствах, выраженных в октановых числах и в единицах сортности. Сорты российских авиационных бензинов маркируются по ГОСТ 1012-72, как правило, дробью: в числителе — октановое число или сортность на бедной смеси, в знаменателе — сортность на богатой смеси, например, Б 91/115 и Б-95/130. Встречается маркировка авиационных бензинов и по одним октановым числам, например, Б 70 (изготавливается по ТУ 38.101913-82) и Б 92 (изготавливается по ТУ 38.401-58-47-92).

Определение октанового числа принято проводить в двух режимах: более жёсткий – моторный метод по ГОСТ 511-82 и менее жёсткий – исследовательский метод по ГОСТ 8226-82.

Сортность на богатой смеси определяют по ГОСТ 3338-68.

Основной сорт авиабензина Б 91/115 применялся на двигателях со степенью сжатия $6,5 \pm 0,1$ АШ-62ИР, М-9Ф, АИ-26В и М-14 различных модификаций, установленных на самолетах Ан-2, Ан-14, Су-49, Вильма-35А2, вертолетах Ми-1 и Ка-26. Он содержит ТЭС до 2,5г/кг, обеспечивающий требуемую детонационную стойкость этого бензина. Бензин окрашен в зеленый цвет.

Дублирующим сортом, не имеющим режимных ограничений, является вырабатываемый по ТУ 38.401-58-47-92 бензин Б 92, содержащий не более 2г/кг ТЭС. Его октановое число согласно ТУ не ниже 91,5, а сортность на богатой смеси не нормируется, но фактически близка к сортности бензина Б 91/115. Второй дублирующий сорт - бензин более высокой детонационной стойкости Б-95/130 (ГОСТ 1012-72), основное назначение которого - эксплуатация ЛА с двигателями АШ-82Т и АШ-82В, единичные экземпляры которых могут еще сохраниться в эксплуатации. Стандарт допускает содержание ТЭС в этом бензине до 3,1г/кг - больше, чем в бензинах других марок.

В качестве резервных рассматриваются стандартные автомобильные бензины АИ 93, АИ 95 летнего вида, а также вырабатываемые по ТУ бензины АИ 95 и АИ 96. Возможность работы двигателя АШ-62ИР на бензине АИ 93 проверена испытаниями самолета Ан-2.

Зарубежом авиационный бензин (Avgas (англ.) – aviation gasoline) производят в таких странах как Франция, Нидерланды, Швеция, США, Канада, Австралия и т.д. фирмы Вр, Еххон, Mobil, Shell, Техасо и т.д.

Avgas 100 – это стандартное высокооктановое топливо для авиационных поршневых двигателей с высоким содержанием свинца. Существует два основных стандарта для Avgas 100. ASTM D 910 и UK DEF STAN 91-90. Эти два стандарта по существу одинаковы, однако отличаются по содержанию антиокислительной присадки, по требованиям к устойчивости к окислению и максимальному содержанию свинца.

Avgas 100 окрашен в зеленый цвет.

Avgas 100LL (low lead (англ.)) является версией Avgas 100 с низким содержанием свинца. Низкое содержание свинца является условным. В Avgas 100LL присутствует до 0,56 г/литр свинца. Данная марка перечислена в тех же ТУ, что и Avgas 100, а именно ASTM D 910 и UK DEF STAN 91-90.



Avgas 100LL окрашен в синий цвет.

Avgas 82UL (unleaded (англ.)) – относительно новая марка, целью разработки которой являются двигатели с низкой степенью сжатия, которые не требуют высокооктановой марки Avgas 100 и могут быть рассчитаны на работу с неэтилированным топливом. Данная марка предусмотрена техническими условиями ASTM D 6227.

Avgas 82UL окрашен в пурпурный цвет.

Взаимозаменяемость отечественных и зарубежных марок горючего, смазочных материалов и специальных жидкостей установлена путем исследования образцов в лабораторных и стендовых условиях, по зарубежным спецификациям, данным о технологии производства и изучения опыта применения их на технике.

Сведения об аналогах бензина авиационного Б 95/130 приведены в таблице 1.

Для бензина авиационного Б-91/115 – в таблице 2.

Для бензина авиационного Б-92 – в таблице 3.

Таблица 1. Бензин авиационный Б-95/130

Страна, фирма-изготовитель	N нормативно-технического документа, марка продукта, фирменное наименование
РФ	ГОСТ 1012 Б-95/130
BP	BP Avgas 100LL
Exxon	Esso Aviation Gasoline 100
Mobil	Mobil Avgas 100LL; Mobil Avgas 100
Shell	Shell Avgas 100LL; Shell Avgas 100
Texaco	Aviation Gasoline 100/130; Aviation Gasoline 100LL

Таблица 2. Бензин авиационный Б-91/115

Страна, фирма-изготовитель	N нормативно-технического документа, марка продукта, фирменное наименование
РФ	ГОСТ 1012 Б-95/115
Румыния	STAS 43-85 91/115

Таблица 3. Бензин авиационный Б-92

Страна, фирма-изготовитель	N нормативно-технического документа, марка продукта, фирменное наименование
РФ	ТУ 38.401-58-47 Б-92
Германия	TGL 21138 FOK 91/115
Румыния	STAS 43-85 91/115



ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ КОНСТРУКЦИИ БЕНЗИНОВОГО ДВИГАТЕЛЯ

Землянский Дмитрий Александрович
Сибирский федеральный университет

Компоновка

Первый двигатель был одноцилиндровым. Но как только число цилиндров достигло двух, сразу же возникли разные схемы их взаимного расположения: рядная, V-образная, оппозитная. К преимуществам первой относятся простота и технологичность. Поэтому если число цилиндров не превышает четырех, а объем 2,5 литров, конструкторы, не мудрствуя, располагают их в один ряд. Намного реже по такой схеме создаются пяти- и шестицилиндровые моторы. И хотя шестицилиндровый двигатель получается очень «длинным», он имеет уникальную особенность – идеальную уравновешенность. Вредные силы и моменты, возникающие в нем, взаимно компенсируются.

А вот в такой же шестицилиндровый V-образный мотор для устранения вибраций устанавливают дополнительные балансирные валы и гидроопоры, через которые он крепится к двигателю. Зато весь силовой агрегат получается гораздо компактнее рядного собрата. Аналогично строится и V-образная «восьмерка». А вот самый «старший брат» в этой схеме 12-цилиндровый V-образный мотор обладает исключительной уравновешенностью. Секрет прост – он представляет собой комбинацию из двух рядных шестицилиндровых двигателей.

Оппозитная схема расположения цилиндров в наше время скорее экзотика. Из явных ее преимуществ – низкий центр тяжести и хорошая уравновешенность (у шестицилиндрового мотора). «Оппозитники» традиционно выпускают только два производителя – «Порше» и «Субару». Приверженность этой схеме, по всей видимости, вызвана не столько техническими соображениями, сколько необходимостью больших затрат для замены технологического оборудования.

Материалы

Наиболее широко для изготовления блоков цилиндров сейчас используются алюминиевые сплавы. Они существенно легче чугуна, а также проще в изготовлении и обработке. Но чугун еще не списан со счетов технологами и конструкторами. Постоянная борьба за снижение веса (читай – расхода топлива) заставляет искать новые материалы. Среди наиболее перспективных – магний, композиты, пластик. Уже существуют практические конструкции с магниево-алюминиевым блоком цилиндров, магниевыми впускными коллекторами. А пластиковый впускной коллектор уже перешел в разряд обыденных. Большие надежды возлагаются на керамику. Керамические детали уже используются в парах трения, например, для изготовления направляющих втулок клапанов. Их микропористая структура хорошо удерживает смазку.

Наддув

Двигатели первых автомобилей при невероятно больших по нынешним меркам объемах выдавали такую же невероятно маленькую мощность. За сотню лет мощность, снимаемая с единицы объема, выросла более чем в 10 раз. Достигнуть, казалось бы, невозможного – увеличить мощность при одновременном снижении объема, позволяет,



прежде всего, наддув. Для подачи дополнительной порции воздуха в цилиндры под избыточным давлением используют два способа – с помощью механического нагнетателя или турбокомпрессора. Нагнетатель приводится в действие от коленвала двигателя. Поэтому его производительность прямо пропорциональна оборотам – мотор получает столь необходимый ему воздух с самых «низов». Недостатки – нагнетатель «съедает» часть мощности двигателя и недешев в производстве. Турбокомпрессор использует для нагнетания воздуха энергию выхлопных газов. На одном валу насажены две крыльчатки. Когда одну из них, установленную в выпускном трубопроводе, раскручивают газы, другая, стоящая на впуске, нагнетает воздух. Схема простая и сравнительно недорогая, но имеет недостатки. Энергии выхлопных газов хватает для создания достаточного давления наддува воздуха только при средних и высоких оборотах двигателя. Между нажатием на педаль акселератора и раскруткой турбины проходит некоторое время – дополнительный воздух в цилиндры подается с задержкой (это явление получило название «турбояма»). Для преодоления этих недостатков найдено несколько способов. Один из самых действенных – применение двух «турбин» разного размера. Маленькая, которая легче и быстрее раскручивается, работает на низких оборотах, а более крупная подключается на средних и больших. Второй способ – турбокомпрессор с изменяемой геометрией (Variable Nozzle Turbine). Специальные подвижные лопатки на низких оборотах направляют весь поток отработанных газов на лопасть «турбины», а при повышении оборотов отклоняют часть потока, предотвращая превышение давления наддува. На некоторые двигатели устанавливают так называемые переразмеренные турбонагнетатели. Они имеют очень высокую производительность, создавая необходимое давление наддува с низких оборотов. Когда же обороты повышаются и давление становится чрезмерным, срабатывает ограничительный клапан. Оригинальное решение применили инженеры BMW. На шестицилиндровом двигателе они установили два «легких» турбокомпрессора – по одному на каждые три цилиндра. Инерционность маленьких турбин незначительна, а для обслуживания трех цилиндров их мощности вполне достаточно. Но наиболее удачную схему разработали на Фольксвагене. Во многом благодаря ней в 2009 и в 2010 годах двигатель 1,4 TSI признавался лучшим двигателем года (International Engine of the Year). А в 2011 он завоевал звание лучшего в категории двигателей с объемом от 1 до 1,4 литра. Идея состоит в совместном использовании механического нагнетателя и турбокомпрессора. На низких оборотах эффективное давление создает нагнетатель, а турбина не используется. На средних оборотах, в диапазоне от 1000 до 2400 об/мин нагнетатель и турбокомпрессор работают совместно. При повышении частоты вращения коленвала свыше 3400 об/мин механический нагнетатель отключается, исключая тем самым бесполезную трату мощности двигателя, а необходимое давление создается только турбиной. В результате литровая мощность мотора составляет более 120 л.с.

Система впуска

А какие усовершенствования предлагаются для атмосферных двигателей? Чтобы увеличить количество воздуха, поступающего в цилиндры, модернизируется газораспределительный механизм и система впуска. Так, системы Multiair от FIAT и Valvetronic от BMW за счет обеспечения плавного регулирования высоты подъема клапанов в зависимости от оборотов двигателя, позволяют отказаться от дроссельной за-



слонки на впуске. Тем самым достигается снижение потерь и повышается мощность двигателя.

Обеспечить большой приток воздуха в цилиндры без применения наддува позволяют впускные коллекторы с изменяемой геометрией. Их действие основано на том явлении, что воздух на впуске движется не с равномерной скоростью, а волнообразно – в зависимости от открытия впускных клапанов. Поэтому, подбирая длину трубопровода, можно добиться того, чтобы очередная «волна» подходила к цилиндру как раз к моменту открытия клапана. Для этого при небольших оборотах длина впускной трубы должна быть максимальной, а при высоких оборотах – минимальной. Но этого конструкторам мало. Они считают распределительный вал пережитком прошлого. Поэтому перспективные разработки направлены на установку отдельного электромагнитного привода для каждого клапана. Это открывает широчайшие возможности для улучшения характеристик ДВС. Совершенствование подачи топлива – одно из главных направлений в снижении его расхода, а, следовательно, и количества выбросов вредных веществ. Общеизвестный путь здесь один – непосредственный впрыск. Это позволяет организовать работу двигателя на бедных смесях. Однако при этом возрастает количество окислов азота в выхлопных газах, что требует установки более сложных нейтрализаторов в системе выпуска.

Гибриды

В 1997 году Тойота впервые в мире приступила к выпуску гибридных автомобилей, и вот уже 15 лет ДВС приходится трудиться в паре со своим конкурентом – электродвигателем. В тойотовской Hybrid Synergy Drive бензиновый мотор работает в непривычном для себя режиме - по циклу Аткинсона. От привычного цикла Отто он отличается тем, что впускной клапан закрывается значительно позже, в начале такта сжатия. При этом часть горючей смеси выталкивается обратно во впускной трубопровод. Что же в этом хорошего, спросите вы? Во-первых, вытолкнутая смесь забирает часть тепла из цилиндра, улучшая условия сгорания в нем. А во-вторых, попадая во впускной коллектор, она уменьшает разрежение в нем. Но главное преимущество в том, что из-за позднего окончания впуска такт сжатия, по сравнению с тактом расширения, уменьшается, а это позволяет более полно использовать энергию сжигаемой рабочей смеси. Тогда почему не использовать цикл Аткинсона на всех автомобилях? Дело в том, что в этом случае двигатель неустойчиво работает на малых оборотах и переходных режимах, а наиболее эффективно – на устоявшихся режимах. А именно так и организовано взаимодействие в гибридах – при стартах и ускорениях работает электродвигатель, а при постоянных скоростях – ДВС.



СНИЖЕНИЕ ПОТЕРЬ НЕФТЕПРОДУКТОВ ПРИ СЛИВО-НАЛИВНЫХ ОПЕРАЦИЯХ НА НЕФТЕБАЗАХ

Казарян Мери Вардановна
научный руководитель канд. хим. наук Надежкин И. В.
Сибирский федеральный университет

На сегодняшний день перед нефтегазовой промышленностью остается не полностью решенной одна из острых проблем, связанных с количественными потерями нефтепродуктов при их добыче, хранении и транспортировке. Актуальность темы неоспорима, так как снижение потерь нефти и нефтепродуктов ведет к рациональному, экономичному использованию материальных ресурсов страны, увеличивает выход светлых нефтепродуктов, позволяет сохранить ценное углеводородное сырье для нефтехимического синтеза и для производства высокооктанового бензина, значительно уменьшает загрязнение воздушного бассейна, почвы и водоемов. Основная доля потерь продукта происходит вследствие испарения его легких фракций на протяжении всего пути движения нефти. Из них наибольшая величина потерь происходят на нефтебазах при сливо-наливных операциях, в результате чего происходят так называемые «большие дыхания». Так, целью работы является изучение наиболее эффективных и рациональных методов сокращения потерь нефти и нефтепродуктов при наполнении и опорожнении резервуаров. В качестве примера было рассмотрено ОАО «Красноярскнефтепродукт, Филиал Центральный», который располагается в центре города и является источником вредного воздействия на экологию края, а также потенциальной угрозой возникновения чрезвычайных ситуаций. В работе предлагается выбрать наиболее приемлемый способ уменьшения вредных выбросов в атмосферу резервуарным парком нефтебазы исходя из экономической, экологической целесообразности.

По данным ежегодного анализа, потери нефтепродуктов от "больших дыханий" составляют по нефтеперерабатывающей отрасли России свыше 270 тыс. т., это около 70% от всех потерь. Потери нефти и нефтепродуктов от «больших дыханий» могут быть сокращены в результате следующих мероприятий:

- уменьшения объема газового пространства резервуара;
- хранения нефтепродуктов под избыточным давлением в резервуаре;
- улавливание паров нефти или нефтепродуктов, выходящих из резервуаров.

Для осуществления этих мероприятий разрабатываются и в той или иной мере применяются различные технические средства.

Выбор наиболее экономичного средства сокращения потерь от испарения зависит от целого ряда факторов: физических свойств, защищаемых от испарения нефтей или нефтепродуктов, климатических условий, условий эксплуатации резервуаров и др. Поэтому возникает необходимость в тщательном изучении эффективности каждого технического средства, его особенностей и возможной области применения. Средства сокращения потерь от испарения должны применяться в каждом конкретном случае только на основании технико-экономических расчетов, определяющих экономическую целесообразность осуществления того или иного мероприятия.

Методы сокращения потерь нефтепродуктов от испарения делятся на:

- конденсационные (охлаждением, сжатием);
- газоулавливания;
- с использованием защитного газа (горючие газы, инертные газы);



- комбинированные;
- сорбционные (адсорбция, абсорбция);
- компрессионные (компрессорные, эжекторные).

Вышеизложенные методы направлены на создание максимальной герметизации всех процессов слива, налива и хранения. Сравнительная эффективность методов изложена в таблице 1.

Таблица 1. Сравнительная эффективность (%) методов снижения выбросов парогазовой смеси в атмосферу

Применяемые методы	Эффективность (%)
1. С использованием защитного газа	70...95
2. Газоулавливания	60...90
3. Сорбционные	90...96
4. Компрессионные	до 96
5. Конденсационные	до 98

На основании сравнительной характеристики методов установлено, что наиболее эффективными являются сорбционный, компрессионный и конденсационный методы. Был выбран и предложен способ конденсации паров отличающийся тем, что проводят постадийное переохлаждение и конденсацию парогазовой смеси в многосекционном теплообменнике. Так осуществляется метод рекуперация паровоздушной смеси углеводородов, который заключается в переохлаждении и конденсации паров углеводородов посредством контакта с поверхностями многоканальных лепестковых конденсаторов. Далее происходит разделение получившейся смеси на воду и фракции нефтепродукта. В атмосферу выходит воздух, очищенный от паров воды и нефтепродуктов, а последние отгоняются насосом обратно в резервуары. Преимуществом рекуперации перед другими методами является возможность возвращения до 98 % потерянного нефтепродукта из-за испарения. По большому счету, выдвигая в свет данную установку, мы решаем целый ряд проблем, которые непосредственно связаны с благосостоянием города и его жителей. Данное изобретение прошло ряд испытаний, в результате которых были получены теоретические и экспериментальные оценки внедрения установки по рекуперации паров. Установка показала свою действительную эффективность - было поймано несколько литров бензина (испытания проводились при нулевой температуре окружающей среды), которые могли бы попросту испариться, нанеся вред экологии. Важным также является тот факт, что пойманные конденсированные пары в дальнейшем могут быть использованы как полноценное топливо. Полученное таким образом топливо не только не уступает по показателям топливу, производимому нефтеперерабатывающими заводами, но и превосходит его по физико-химическим свойствам, ввиду того, что в первую очередь испаряются самые легкие фракции.

Таким образом, предложенный проект внедрения системы рекуперации паров на ОАО «Красноярскнефтепродукт» позволит снизить потери нефтепродуктов и нефти от «больших дыханий», а значит и уменьшить уровень загрязнения окружающей среды и уровень пожаровзрывоопасности промышленного объекта, что обеспечивает экологичность и экономическую эффективность проекта.



СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА УГЛЕВОДОРОДНОГО СОСТАВА ЖИДКИХ ПРОДУКТОВ КОКСОВАНИЯ ВОСТОЧНОСИБИРСКИХ НЕФТЕЙ

Косицына С.С.,

научный руководитель канд. хим. наук Бурюкин Ф.А.

Сибирский федеральный университет

В настоящее время на всех ведущих нефтеперерабатывающих предприятиях России проходит модернизация производственных мощностей с целью повышения показателей эффективности, в том числе увеличения глубины переработки нефти. Одним из наиболее универсальных вторичных процессов, характеризующихся простотой конструкционного оформления, низкими капитальными и эксплуатационными затратами является процесс замедленного коксования. В то время, как основным продуктом процесса коксования ранее являлся нефтяной кокс – сырье для изготовления анодов для алюминиевой промышленности, современные нефтеперерабатывающие предприятия в России и за рубежом делают акцент на преимущественное производство дистиллятных продуктов, которые могут быть переработаны в моторные топлива, имеющие наибольшую добавленную стоимость.

Сырьем большей части нефтеперерабатывающих предприятий Восточной Сибири и Дальнего Востока является смесь западносибирских нефтей. При этом роль новых месторождений данного региона как поставщика углеводородных ресурсов увеличивается, а объемы добычи западносибирских месторождений снижаются. В связи с этим, актуальным является изучение нефтей новых месторождений Восточной Сибири и дальнего Востока, влияния их свойств и технологических параметров процессов их переработки на выход и свойства получаемых продуктов. Такими перспективными месторождениями региона являются Юрубчено-Тохомское и Ванкорское месторождения.

Текущие запасы категории ABC1+C2 которого в пределах Юрубченской залежи составляют более 350 млн. тонн, что позволяет отнести месторождение к категории уникальных. В соответствии с ГОСТ 51858 Юрубчено-Тохомская нефть относится к 1-му классу малосернистых нефтей (массовая доля общей серы 0,62 %), типу 0 «особо легкая» (плотность при 20 °С) и 1-й группе и 3-му виду.

По состоянию на 01.01.2014 г. начальные извлекаемые запасы Ванкорского месторождения составляют 500 млн. тонн нефти и конденсата, 182 млрд. кубометров газа. Физико-химические свойства Ванкорской нефти следующие: плотность при 20 °С – 901, 4 кг/м³, содержание серы - 0,173 % масс. По ГОСТ 51858 нефть характеризуется «малосернистая» (1 класс), «битуминозная» (4-й тип).

В качестве образца нефти для сравнения использовалась товарная западносибирская нефть, поступающая на Ачинский нефтеперерабатывающий завод (НПЗ). Нефть Западно-Сибирского нефтегазоносного бассейна характеризуется низким содержанием серы (до 1,1%), и парафина (менее 0,5%), содержание бензиновых фракций высокое (40-60%), повышенное количество летучих веществ.

Сырьем для экспериментов по коксованию служила фракция гудрона исследуемых нефтей, полученная атмосферно-вакуумной перегонкой на стандартном лабораторном оборудовании с отбором фракции 500 °С – к.к.

Экспериментальные исследования процесса коксования проводились с использованием лабораторной установки коксования, которая представляется собой реактор из нержавеющей стали, помещаемый в муфельную печь, и систему отвода



жидких и газообразных продуктов из зоны реакции. Система отвода состоит из стальных трубок и лабораторного стекла и устройств контроля давления (манометр МПТИ-1 и клапан предохранительный сбросный). Давление в установке создается за счет подачи азота в систему.

Полученные при проведении экспериментов жидкие продукты коксования подвергались стандартной разгонке при атмосферном давлении с выделением фракций н.к. – 350 °С, 180-350 °С и 350 °С – к.к. При этом установлено, что с точки зрения получения максимального количества светлых фракций наиболее перспективными являются нефть Юрубчено-Тохомского месторождения, а состав фракций жидких продуктов коксования, полученных на основе ванкорской нефти, характеризуется утяжеленным фракционным составом. При этом гудрон, полученный из ванкорской и юрубчено-тохомской нефтей характеризуется низким содержанием серы, что положительно скажется на качестве производимого нефтяного кокса.

Для светлых фракций, которые, при реализации процесса в промышленных условиях, могут быть переработаны в моторные топлива высокого качества, определялся углеводородный состав.

Анализ данных о групповом углеводородном составе бензина коксования (фракция н.к. – 180 °С), полученных с использованием метода капиллярной газовой хроматографии, показал, что наибольшее количество парафиновых углеводородов нормального и изо-строения содержится в продукте коксования остатков нефти Юрубчено-Тохомского месторождения. Напротив, доля полициклических соединений и ароматических углеводородов в данной бензиновой фракции наименьшая. Это можно связать с тем, что юрубчено-тохомская нефть и полученный из нее гудрон изначально имеет облегченный углеводородный состав, о чем также свидетельствуют низкие значения коксуемости и плотности.

Бензиновые фракции жидких продуктов коксования тяжелых остатков ванкорской нефти, в сравнении с аналогичной фракцией продуктов коксования, полученных на основе Западносибирской нефти, характеризуются меньшим содержанием олефинов, и более высоким содержанием парафинов нормального строения и ароматических углеводородов. Нефть Ванкорского месторождения, как и полученные из нее прямогонные нефтяные остатки, изначально характеризуется утяжеленным углеводородным составом. Ароматические и полициклические нафтеновые углеводороды являются наиболее термически стабильными, поэтому в большей степени склонны переходить из сырья в продукты коксования без структурных превращений, следовательно – без образования высоко реакционноспособных радикалов, являющихся предшественниками изо-парафинов и ненасыщенных соединений алифатического ряда. То же утверждение справедливо для короткоцепных алканов.

Групповой углеводородный состав фракции легкого газойля коксования (180 – 350 °С) определялся с использованием метода флуоресцентной индикаторной адсорбции. Исходя из того, что фракция легкого газойля коксования может быть использована в качестве компонента товарного дизельного топлива, важным фактором является наличие в ней парафиновых и нафтеновых углеводородов и минимальная концентрация ненасыщенных соединений.

Установлено, что по содержанию основных групп углеводородов продукты коксования гудрона юрубчено-тохомской и западносибирской нефти близки, а легкий газойль коксования прямогонных остатков ванкорской нефти содержит меньшее количество парафиновых, и большее – олефиновых углеводородов. Содержание ароматических углеводородов в рассматриваемой фракции продуктов коксования всех исследуемых нефтей составляют около 25-35 %.



Массовая доля общей серы в нефтепродуктах является одним из ключевых показателей его экологичности. По содержанию соединений серы в светлых топливных фракциях жидких продуктов коксования наиболее благоприятным составом характеризуются продукты, полученные из Ванкорской и Юрубчено-Тохомской нефтей. Нагрузка на установки гидроочистки при переработке светлых топливных фракций этих нефтей будет минимальна. Тем не менее, для возможного использования их фракций как компонента смешения в составе товарных топлив, необходимо гидрогенизационное облагораживание.

Таким образом, рост сырьевых потребностей нефтеперерабатывающих предприятий региона может быть удовлетворен за счет перехода НПЗ на новое сырье – нефти Восточной Сибири. Это обстоятельство является важным определяющим параметром при производстве продуктов коксования заданного качества, так как для каждого НПЗ установки коксования строились с учетом конкретных условий. Изучение такой ключевой характеристики жидких продуктов коксования, как групповой углеводородный состав, определяет возможность регулирования количественных показателей выхода и свойств получаемых в процессе коксования продуктов и возможность их дальнейшего рационального использования.



АНАЛИЗ СПОСОБОВ ОБНАРУЖЕНИЯ УТЕЧЕК НЕФТИ И ГАЗА В МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДАХ

Красильников В.С.,

научный руководитель канд. техн. наук Лысянникова Н.Н.

Сибирский федеральный университет

Магистральные трубопроводы занимают значительное место в общей транспортной системе страны. Развитие сети магистральных нефти и газопродуктопроводов сопровождается непрерывным повышением уровня их технической оснащенности, широким внедрением современных средств компьютеризации и автоматизации процессов перекачки.

В связи с этим серьезное внимание уделяется сокращению потерь на магистральных трубопроводах.

Как правило, потери связаны с нарушением правил эксплуатации, повреждением трубопроводов от коррозии, несвоевременным ремонтом, стихийными бедствиями и т.п. В последние годы в практике трубопроводного транспорта нефтепродуктов и газа участились случаи несанкционированных врезок в трубопровод с целью хищения газа и нефтепродуктов. Поэтому оперативность обнаружения особенно важна, для уменьшения ущерба.

Системы контроля должны обладать высокой чувствительностью, точностью определения места утечки, а также безопасностью при эксплуатации. Существует большое число методов и способов обнаружения утечек, основанных на различных физических явлениях и принципах. Но в каждом из них присутствуют как преимущества, так и недостатки. Нет единого метода, удовлетворяющего всем критериям, предъявляемым к современным методам обнаружения утечек.

Методы обнаружения утечек делят на внутренние и внешние, в зависимости от положения оборудования и датчиков, по отношению к трубопроводу (рисунок 1-3).

К внешним относятся системы, которые идентифицируют утечку на основе внешних проявлений (просачивание перекачиваемого продукта на поверхность, уровень загазованности, акустические шумы и т.д.). К методам этой группы относятся патрулирование трассы, использование чувствительных кабелей, тепловизоров и т.д. Методы этой группы являются наиболее простыми и доступными, но у них имеется ряд серьезных недостатков. Они не обеспечивают непрерывный контроль трубопровода, многие утечки фиксируются спустя значительный промежуток времени, некоторые вообще невозможно обнаружить этими методами.

К внутренним относятся методы, в которых используются измерительные приборы и датчики, измеряющие параметры внутри трубопровода (измерители давления, расхода, температуры перекачиваемого продукта и т.д.).



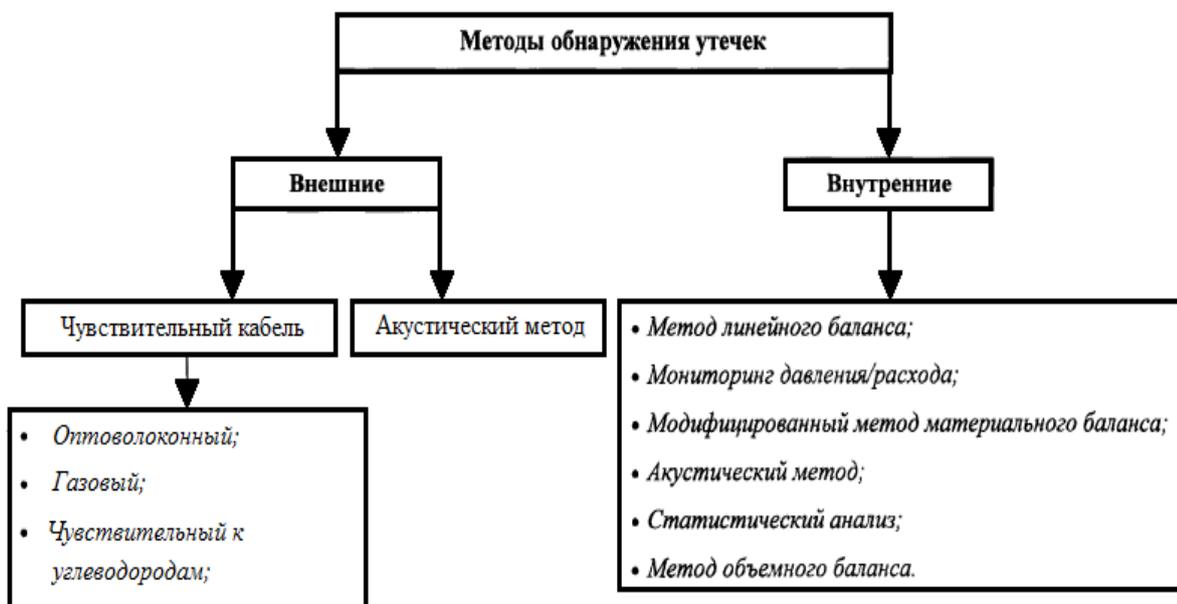


Рисунок 1. Классификация методов обнаружения утечек



Рисунок 2. Классификация методов обнаружения утечек по периодичности контроля

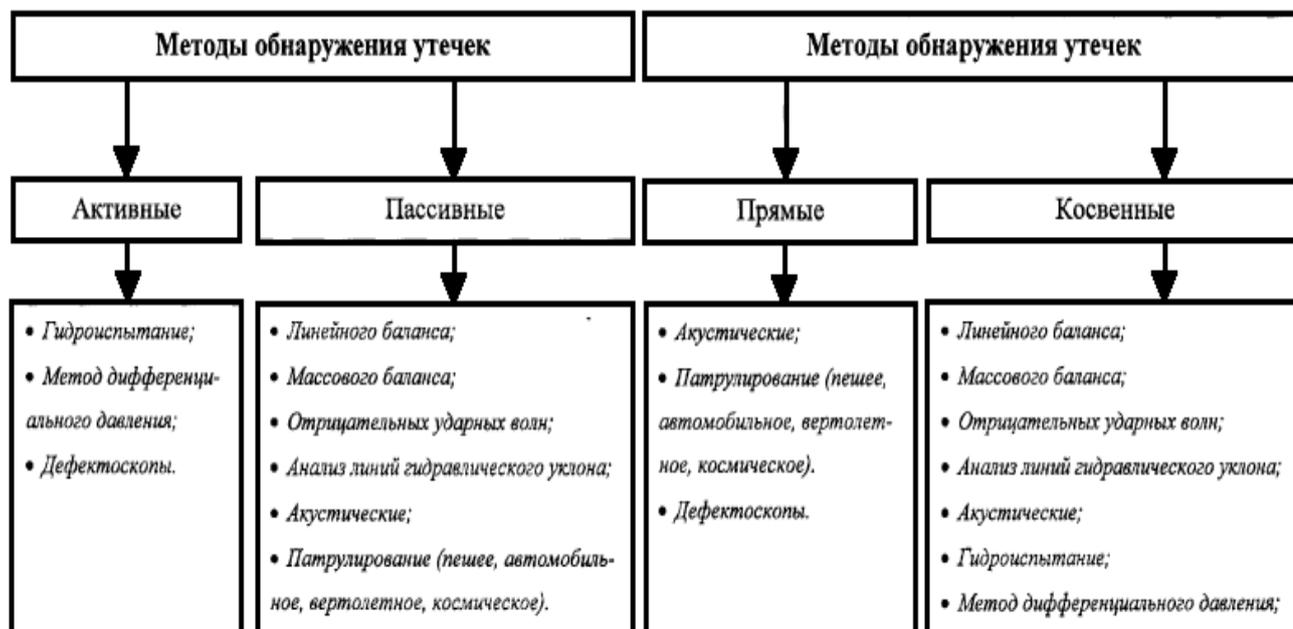


Рисунок 3. Классификация методов обнаружения утечек по способу воздействия и по критериям обнаружения

Существует множество систем обнаружения утечек жидкости, однако ни одна из них не обладает достаточной универсальностью, надежностью и приемлемой стоимостью.

Основной недостаток методов и систем обнаружения утечек является их ограниченная применимость, например, только при стационарном режиме работы нефтепровода (метод анализа линии гидравлического уклона, балансовые методы); периодичность контроля (дефектоскопы, патрулирование); значительные капитальные и эксплуатационные затраты (дефектоскопы); низкая помехозащищенность (акустические, балансовые методы).

Данный анализ позволяет сделать вывод о необходимости дальнейшего исследования этого вопроса и разработки новых принципов для создания систем диагностики трубопроводного транспорта на наличие утечек.

Список использованных источников

1. Эксплуатация магистральных нефтепроводов: Учебное пособие. 2-ое изд./Под общей редакцией Ю.Д. Земенкова - ТюмГНГУ, 2001. - 623 с.
2. Креммер В.Н. Система контроля утечек нефти и нефтепродуктов из трубопроводов // Транспорт и хранение нефти и нефтепродуктов: Эксп. инф. - М.: ВНИИОЭНГ, 1987. - № 4. - С. 7.
3. Методы и средства контроля малых утечек на магистральных нефте- и продуктопроводах// ТНТО. -М.: ВНИИОНГ, 1977. - С. 3-5.



УДК 621.316.7

**ПРОГНОЗ ЭНЕРГОЗАТРАТ ПЕРЕХОДНЫХ
РЕЖИМОВ МАГИСТРАЛЬНОГО НЕФТЕПРОВОДА
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДИНАМИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ТЕЧЕНИЯ
НЕФТИ В ПАКЕТЕ MATLAB/SIMHYDRAULICS**

Миронов А.Г.

научный руководитель канд. техн. наук Агафонов Е.Д.

Сибирский федеральный университет

Политика энергосбережения и энергоэффективности – одно из ключевых направлений развития хозяйства в Российской Федерации, что подтверждается постановлениями Правительства РФ, Федеральными и Региональными программами развития экономики. Нефтегазовый комплекс на сегодняшний день остается одним из наиболее приоритетных в структуре национальной экономики, а объекты нефтегазового комплекса, например, нефтеперекачивающие станции и другое оборудование магистрального нефтепровода, являются весомыми потребителями электроэнергии.

В соответствии с Энергетической политикой [1], утвержденной ОАО «АК «Транснефть» в 2012 году, предусмотрены мероприятия по организации статистического наблюдения за энергоэффективностью, мониторинг и анализ основных характеристик использования и потребления топливно-энергетических ресурсов и факторов, влияющих на уровень их потребления, определение прогнозного уровня потребления топливно-энергетических ресурсов, установление подходов к планированию и нормированию топливно-энергетических ресурсов, к учету их расхода и контролю их использования, выявление причин перерасхода топливно-энергетических ресурсов и разработка адресных мер по их устранению.

Мероприятия, предусмотренные Энергетической политикой ОАО «АК «Транснефть», не могут быть реализованы без привлечения математических моделей, позволяющих прогнозировать гидродинамические процессы в нефтепроводе, и, на их основе, рассчитывать потребление электроэнергии технологическим оборудованием [2].

В качестве основного подхода к построению моделей технологических режимов перекачки нефти в АО «Транснефть – Западная Сибирь» в настоящее время принимается процедура создания статических моделей течения нефти [3]. Практика эксплуатации магистрального нефтепровода показывает, что среднее время, в течение которого происходит переход от одного стационарного технологического режима к другому, нередко превышает время работы в рамках какого-либо из стационарных режимов. В связи с чем существует необходимость разработки метода, позволяющего рассчитывать затраты энергии как при стационарных, так и при переходных режимах работы трубопровода.

Для построения гидродинамических моделей процессов в магистральном трубопроводе в данной работе предлагается использовать SimHydraulics, средство моделирования гидравлических систем, входящее в инструментальный пакет математических вычислений Matlab. В нем реализован принцип визуального программирования: модель выстраивается путем соединения стандартных библиотечных, либо создаваемых пользователем виртуальных блоков. Каждый блок представляет собой модель физического объекта (электрического, гидравлического, механического и т.д.) или явления и описывается соответствующими уравнениями, как алгебраическими, так и дифференциальными. Пользователь имеет возможность



задавать параметры модели и отдельных её блоков, например, реологические характеристики жидкости, геометрические размеры элементов трубопровода и так далее. В частности, существуют средства выбора численного метода решения задачи и визуализации результатов моделирования.

Выбранный инструмент ранее не использовался для построения моделей магистральных трубопроводов. Анализ возможностей применения Matlab/SimHydraulics к построению таких моделей выявил следующие особенности:

1. В инструменте отсутствует возможность учета скорости распространения волн давления (возмущения) в трубопроводе. Этот параметр зависит от свойств жидкости и вида трубопровода, и часто принимается константой.

2. Средства Matlab/SimHydraulics не предоставляют возможность контролировать распределение основных гидравлических параметров вдоль профиля трубы.

3. При использовании стандартных моделей центробежных насосов отсутствует возможность отслеживания гидравлических и энергетических характеристик насосов.

Для слабо сжимаемых жидкостей, каковыми является нефть и нефтепродукты, неустановившиеся течения при полном заполнении трубопровода жидкостью описываются дифференциальными уравнениями в частных производных [4]:

$$\begin{cases} \frac{\partial p(x,t)}{\partial t} + \rho_0 c^2 \frac{\partial v(x,t)}{\partial x} = 0, \\ \rho_0 \frac{\partial v(x,t)}{\partial t} + \frac{\partial p(x,t)}{\partial x} + \lambda(\text{Re}, \varepsilon) \cdot \frac{1}{d} \cdot \frac{\rho_0 v(x,t)}{2} - \rho_0 g \cdot \sin \alpha(x) = 0, \end{cases} \quad (1)$$

где $p(x,t)$ – давление; $\partial v(x,t)$ – скорость течения жидкости; ρ_0 – плотность жидкости; c – скорость распространения звука в трубопроводе; g – ускорение свободного падения; $\alpha(x)$ – угол наклона оси трубопровода к горизонту в сечении x .

В SimHydraulics дифференциальные уравнения вида (1) входят в модель, создаваемую средствами визуального моделирования. Данная модель представлена блоком *segment_pipe*. Использование данного блока не позволяет контролировать распределенные гидравлических параметров, также отсутствует возможность задания скорости распространения волн давления. В связи с чем был создан пользовательский блок *PIPE*, позволяющий устранить данные недостатки [5].

Блок представляет собой последовательное соединение нескольких повторяющихся сегментов, а также виртуальных датчиков давления и объемного расхода на границах сегментов модели. Данный блок, может быть реализован с помощью SimscapeLanguage.

Стандартные блоки, описывающие функционирование центробежных насосов, не позволяют учитывать энергетические характеристики насосов. Для осуществления контроля мощности и расхода энергии был создан пользовательский блок центробежного насоса *sumpump*. Расчет давления, КПД и мощности в блоке осуществляется в соответствии с формулами:

$$p = \left(H + a \cdot q - b \cdot q^2 \right) \cdot \rho \cdot g \cdot \frac{w}{w_{ном}}, \quad (2)$$



$$\eta = (c_0 + c_1 \cdot q + c_2 \cdot q^2) \cdot \frac{w}{w_{ном}}, (3)$$

$$N = \frac{P \cdot q}{\eta}, (4)$$

где H, a, b, c_0, c_1, c_2 – коэффициенты аппроксимации; ρ – плотность жидкости; $w_{ном}$ – номинальная частота вращения при которой производились испытания насоса; w – частота насоса в данный момент работы; η – КПД насоса; N – мощность насоса.

Для иллюстрации результатов настоящего исследования построим модель магистрального трубопровода, используя блоки *PIPE и pump*. Приняты следующие параметры трубопровода: $L = 880$ км, $D = 804$ мм, $\Delta = 0,2$ мм, модуль Юнга для материала трубопровода $E = 1.9 \cdot 10^{11}$. Через каждые 80 км на трубопроводе расположены НПС, состоящие из трех последовательно соединенных насосов НМ3600-230. По трубопроводу перекачивается нефтепродукт со следующими реологическими характеристиками: плотность $\rho = 886$ кг/м³, вязкость $\nu = 0.997 \cdot 10^{-4}$ м²/с, модуль сжимаемости жидкости $K = 1.4 \cdot 10^9$ Па. Осуществим переход из одного технологического режима в другой, имитируя отключение одного из трех насосов НПС. Представим зависимость потребляемой энергии магистрального трубопровода от времени на рисунке 1, используя динамическую и статическую модели течения жидкости.

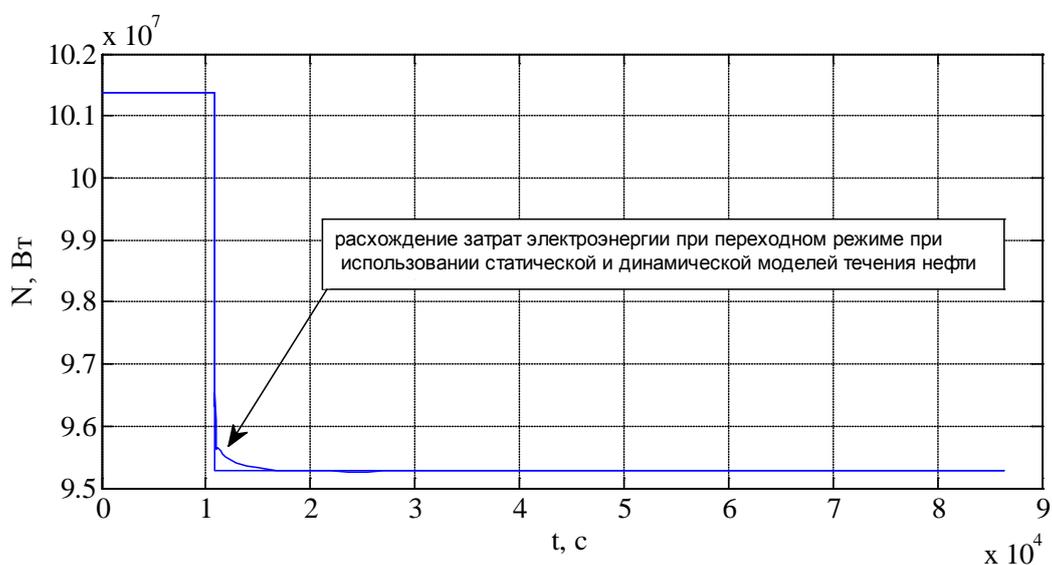


Рисунок 1. Зависимости потребляемой суммарной энергии магистрального трубопровода от времени, полученные с помощью динамической и статической модели течения жидкости

В статической модели течения жидкости при отключении насоса не учитывается переходный режим и значение суммарной мощности мгновенно уменьшается. Если использовать динамическую модель течения жидкости, при отключении насоса значение суммарной мощности уменьшается с течением времени. Проинтегрируем функцию мощности по времени в соответствии с формулой:

$$E(T) = \int_0^T \frac{P(t) \cdot q(t)}{\eta(t)} dt, (5)$$

где $E(T)$ – расход электроэнергии за время T . Интегрирование производится численно с применением метода трапеций.

Получим расчетное количество затраченной энергии на магистральном трубопроводе за сутки. Отклонение рассчитанного расхода электроэнергии с использованием статической и динамической моделей течения жидкости составило 0,1798 МВт·ч.

Результатом работы является модификация стандартных инструментов Matlab/SimHydraulics, позволяющая уточнить прогноз энергопотребления технологического оборудования с привлечением динамических моделей трубопровода. С использованием предложенных модификаций создана модель, позволяющая рассчитывать расход электроэнергии насосными перекачивающими станциями в переходных режимах в течении заданного периода времени. Применение предложенного инструмента в ОАО «Транснефть» позволит повысить эффективность работы технологического оборудования, оптимизировать энергозатраты, избежать штрафов за перерасход или недоучет электроэнергии.

Список литературы

1. Транснефть/Энергетическая политика ОАО «АК «Транснефть» [Электронный ресурс]. URL: <http://www.transneft.ru/development/safety/347/> (дата обращения: 31.03.2015).
2. Мызников М.О., Исакова Е.В., Куликов А.С. Сравнительный анализ удельных показателей транспортировки нефти на технологических участках // Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов. 2013 №4. С. 36-41
3. Агафонов Е.Д. Материалы XVI Международной научной конференции «Решетневские чтения», СибГАУ им. акад. М.Ф. Решетнёва, Красноярск, 2013, Т.2, С. 5 - 7.
4. Лурье, М.В. Математическое моделирование процессов трубопроводного транспорта нефти, нефтепродуктов и газа: учебное пособие / М.В. Лурье – М.: ФГУП «Нефть и газ» РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2003. – 336 с.
5. Миронов А.Г. Материалы Международной научно-практической конференции «Фундаментальная информатика, информационные технологии и системы управления: реалии и перспективы», Институт математики и фундаментальной информатики, Красноярск, 2014, С. 4-10.





УДК 66.041.454:622.276

АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ВИДЫ МОТОРНЫХ ТОПЛИВ

М.В. Панаев

научный руководитель канд. хим. наук Надежкин И. В.

Сибирский федеральный университет

В настоящее время двигатель внутреннего сгорания остаётся основной движущей силой автомобиля. В связи с этим единственный путь решения энергетической проблемы автомобильного транспорта – это создание альтернативных видов топлива. Новое горючее должно удовлетворить очень многим требованиям: иметь необходимые сырьевые ресурсы, низкую стоимость, не ухудшать работу двигателя, как можно меньше выбрасывать вредных веществ, по возможности сочетаться со сложившейся системой снабжения топливом и др.

Нефть сегодня – основной и наиболее востребованный энергоресурс. Однако ее запасы катастрофически заканчиваются, и уже понятно, что наступает закат нефтяной эры.

Уже сейчас абсолютно ясно, что XXI век станет закатом нефтяной эры. Снижение темпов нефтедобычи в ряде стран, включая Россию, и снижение ее рентабельности наблюдается уже сегодня. Все это является первопричиной увеличения стоимости нефтепродуктов и, как следствие, накладывает определенные ограничения на развитие экономик отдельных стран и мировой экономики в целом. Данное обстоятельство, с учетом того, что 80% механической энергии, которую использует в своей деятельности человек, вырабатывается двигателями внутреннего сгорания, заставляет уже сегодня серьезно задуматься об альтернативном источнике энергии, не нефтяного происхождения.

В последнее время большое количество зарубежных научно-исследовательских центров моторостроительных фирм проводят исследования, направленные на экономию топлива и замену традиционных жидких углеводородных топлив новыми видами.

Рассмотрим каждый из наиболее распространенных видов альтернативного топлива более подробно.

1.1 Природный газ

Природный газ в большинстве стран является наиболее распространенным видом альтернативного моторного топлива. Природный газ в качестве моторного топлива может применяться как в виде сжатого до давления 200 атмосфер газа, так и в виде жидкого, охлажденного до -160°C газа. В настоящее время наиболее перспективным является применение жидкого газа (пропан-бутан). В Европе это топливо называется Liquefied petroleum gas (LPG). В Европе сегодня насчитывается около 2,8 млн. машин, работающих на Liquefied petroleum gas.

1.2 Газовый конденсат

Использование газовых конденсатов в качестве моторного топлива сведено к минимуму из-за следующих недостатков: вредное воздействие на центральную нервную систему, недопустимое искрообразование в процессе работы с топливом, снижение мощности двигателя (на 20%), повышение удельного расхода топлива.

1.3 Шахтный метан



В последнее время к числу альтернативных видов автомобильных топлив стали относить и шахтный метан, добываемый из угольных пород. Так, к 1990 г. в США, Италии, Германии и Великобритании на шахтном метане работали свыше 90 тыс. автомобилей. В Великобритании, например, он широко используется в качестве моторного топлива для рейсовых автобусов в угольных регионах страны. Прогнозируется, что газовая добыча метана в угольных бассейнах мира уже в ближайшее время составит 96-135 миллиардов метров кубических.

1.4 Синтетический бензин

Сырьем для его производства могут быть уголь, природный газ и другие вещества. Наиболее перспективным считается синтезирование бензина из природного газа. Из 1 м³ синтез-газа получают 120-180 г синтетического бензина. За рубежом, в отличие от России, производство синтетического моторного топлива из природного газа освоено в промышленном масштабе. Так, в Новой Зеландии на установке фирмы “Мобил” из предварительно полученного метанола ежегодно синтезируется 570 тыс. тон моторных топлив. Однако в настоящее время синтетические топлива из природного газа в 1,8-3,7 раза (в зависимости от технологии получения) дороже нефтяных. В то же время разработки по получению синтетического бензина из угля достаточно активно ведутся в настоящее время в Англии.

1.5 Спирты

Среди альтернативных видов топлива в первую очередь следует отметить спирты, в частности метанол и этанол, которые можно применять не только как добавку к бензину, но и в чистом виде. Их главные достоинства – высокая детонационная стойкость и хороший КПД рабочего процесса, недостаток – пониженная тепловая способность, что уменьшает пробег между заправками и увеличивает расход топлива в 1,5-2 раза по сравнению с бензином. Кроме того, затруднен запуск двигателя из-за плохого испарения метанола и этанола.

Этанол (питьевой спирт), обладающий высокой энергетической ценностью, добывается из отходов древесины и сахарного тростника, обеспечивает двигателю высокий КПД и низкий уровень выбросов и особо популярен в теплых странах. Так, Бразилия после своего нефтяного кризиса 1973 г. активно использует этанол – в стране более 7 млн. автомобилей заправляются этанолом и еще 9 млн. – его смесью с бензином. США является вторым мировым лидером по масштабному изготовлению этанола для нужд автотранспорта. Этанол используется как “чистое” топливо в 21 штате, а этанол-бензиновая смесь составляет 10% топливного рынка США и применяется более чем в 100 млн. двигателей. Стоимость этанола в среднем гораздо выше себестоимости бензина. Всплеск интереса к его использованию в качестве моторного топлива за рубежом обусловлен налоговыми льготами.

Использование спиртов в качестве автомобильного топлива требует незначительной переделки двигателя. Например, для работы на метаноле достаточно отрегулировать карбюратор, установить устройство для стабилизации запуска двигателя и заменить некоторые подверженные коррозии материалы более стойкими. Учитывая то, что чистый метанол ядовитый, необходимо предусмотреть тщательную герметизацию топливной системы автомобиля. Пары метанола более токсичны, чем пары бензина и вызывают сильные отравления при попадании в организм человека, слепоту и даже летальный исход.



А вот для работы на чистом спирте требуется увеличение вместимости топливного бака и степени сжатия до 12-14, чтобы полностью использовать детонационную стойкость топлива.

Низкое давление насыщенных паров и высокая теплота испарения спирта делают практически невозможным запуск бензиновых двигателей уже при температуре окружающей среды ниже +10°C.

1.6 Электрическая энергия

Заслуживает внимания применение электроэнергии в качестве энергоносителя для электромобилей. Кардинально решается вопрос, связанный с токсичностью отработанных газов, появляется возможность использования нефти для получения химических веществ и соединений. К недостаткам электроэнергии как вида электроносителя можно отнести: ограниченный запас хода электромобиля, увеличенные эксплуатационные расходы, высокая первичная стоимость и высокая стоимость энергоемких аккумуляторных батарей.

1.7 Топливные элементы

Топливные элементы – это устройства, генерирующие электроэнергию непосредственно на борту транспортного средства. В процессе реакции водорода и кислорода образуются вода и электрический ток. В качестве топлива содержащего водород, как правило, используется либо сжатый водород, либо метанол. В этом направлении работает достаточно много зарубежных автомобильных фирм, и если им в итоге удастся приблизить стоимость автомобилей на топливных элементах к бензиновым, то это станет реальной альтернативой традиционным нефтяным топливам в странах, импортирующих нефть. В настоящее время стоимость зарубежного экспериментального легкового автомобиля с топливными элементами составляет порядка 1 млн долл. США. Кроме того, к недостаткам применения топливных элементов следует отнести повышенную взрывоопасность водорода и необходимость выполнения специальных условий его хранения, а также высокую себестоимость получения водорода.

1.8 Биодизельное топливо

В последние годы в США, Канаде и странах ЕС возрос коммерческий интерес к биодизельному топливу, в особенности к технологии его производства из растительного масла. В США планируется на 20% заменить обычное дизельное топливо биодизельным, и использовать его на морских судах, городских автобусах и грузовых автомобилях. Применение биодизельного топлива связано, в первую очередь, со значительным снижением эмиссии вредных веществ в отработанных газах (на 25-50%), улучшением экологической обстановки в регионах интенсивного использования дизелей – сера в биодизельном топливе составляет 0,02%.

1.9 Биогаз

Он представляет собой смесь метана и углекислого газа и является продуктом метанового брожения органических веществ растительного и животного происхождения. Биогаз относится к топливам, получаемым из местного сырья. Хотя потенциальных источников для его производства достаточно много, на практике круг их сужается вследствие географических, климатических, экономических и других факторов. Биогаз



как альтернативный энергоноситель может служить высококалорийным топливом. Он предназначен для улучшения технико-эксплуатационных и экологических показателей работы двигателя внутреннего сгорания. Применение биогаза в качестве топлива для двигателей внутреннего сгорания позволяет снизить выбросы, а также улучшить топливную экономичность.

1.10 Отработанное масло

В настоящее время на ряде предприятий различных стран мира весьма эффективно работают установки, преобразующие отработанное масло (моторное, трансмиссионное, гидравлическое, промышленное, трансформаторное, синтетическое и т. д.) в состояние, которое позволяет полностью использовать его в качестве дизельного или печного топлива. Установка подмешивает очищенные (в установке) масла в соответствующее топливо, в точно заданной пропорции, с образованием навсегда стабильной, неразделяемой топливной смеси. Полученная смесь имеет более высокие параметры по чистоте, обезвоживанию и теплотворной способности, чем дизельное топливо до его модификации в установке.

2 Водород как альтернативное топливо

Водород является эффективным аккумулятором энергии. Применение водорода в качестве топлива возможно в разнообразных условиях, что может дать существенный вклад в мировую энергетику, когда ресурсы ископаемого топлива будут близки к полному истощению. По сравнению с бензином и дизельным топливом водород более эффективен и меньше загрязняет окружающую среду. Взрывоопасность водорода резко снижается с применением специальных присадок. Сейчас каждая автомобильная компания имеет концепт-кар, который работает на водороде. Однако некоторые фирмы предлагают комбинированные решения. Так, одни предлагают автомобиль, который имеет возможность чередовать топливо (водород и бензин). Другие автопроизводители совмещают эти виды топлива. Это позволяет увеличить мощность двигателя, экологическую чистоту и уменьшить расход топлива. Система осуществляет разложение воды, собирает водород и направляет его в камеру сгорания, обеспечивая более высокую эффективность сгорания топлива.

Переход транспорта, промышленности, быта на сжигание водорода - это путь к радикальному решению проблемы охраны воздушного бассейна от загрязнения оксидами углерода, азота, серы, углеводородами.

Водород, получаемый из воды, - один из наиболее энергонасыщенных носителей энергии. Ведь теплота сгорания 1 кг H_2 составляет (по низшему пределу) 120 МДж/кг, в то время как теплота сгорания бензина или лучшего углеводородного авиационного топлива - 46 - 50 МДж/кг, т.е. в 2,5 раза меньше.

Ещё водород как топливо и химическое сырьё обладает и рядом других ценнейших качеств. Универсальность водорода заключается в том, что он может заменить любой вид горючего в самых разных областях энергетики, транспорта, промышленности, в быту. Он заменяет бензин в автомобильных двигателях, керосин в реактивных авиационных двигателях, ацетилен в процессах сварки и резки металлов, природный газ для бытовых и иных целей, метан в топливных элементах, кокс в металлургических процессах (прямое восстановление руд), углеводороды в ряде микробиологических процессов. Водород легко транспортируется по трубам и распределяется по мелким потребителям, его можно получать и хранить в любых количествах. В то же время водород - сырьё для ряда важнейших химических синтезов (аммиака, метанола, гидразина),



Очевидно, что при переходе транспорта на водородное топливо экологические проблемы больших городов были бы раз и навсегда решены.

Однако, перед таким переходом стоит ряд проблем, среди которых:

- потребность в огромных энергозатратах для получения водорода электролизом воды;

- необходимость использования специальных сверхгерметичных емкостей для хранения и транспортировки водорода, т. к. в силу малого размера молекул он обладает высокой проникающей способностью.

Необходимость создания развитой сети заправочных станций в каждом населенном пункте и вдоль крупных автомагистралей: водород — самый легкий и наименее плотный газ, поэтому автомобилю с водородным двигателем придется заправляться намного чаще чем автомобилям с бензиновым и дизельным двигателями.

2.1 Типы и принцип работы водородных двигателей

Происходят реакции в топливных камерах — керамических ячейках. Каждая из них перегородена на две секции тончайшей полимерной мембраной, покрытой тонким слоем платинового катализатора. В одну секцию поступает кислород, в другую — водород. Протоны просачиваются сквозь мембрану и, теряя электроны, вступают в реакцию с кислородом, образуя воду. В обычной ситуации реакция носит взрывной характер, но в топливной камере протекает спокойно благодаря тому, что идет не во всем объеме ячейки, а только на поверхности мембраны. Электроны, отобранные мембраной у протонов, стекают по подведенному к ячейке проводнику, создавая электрический ток. Дальше эту энергию можно использовать для питания электродвигателя.

Существенными препятствиями для достижения массовости данной технологии являются дороговизна платины, применяемой в качестве катализатора топливных элементов, и недостаточная мощность топливных элементов для работы в современных моделях автомобилей. Другой подвид — машины с двигателем внутреннего сгорания на водороде. Преимущество такого ДВС в том, что он обладает более широким по сравнению с бензином диапазоном пропорций смешивания с воздухом, при которых еще возможен поджиг смеси. Водород полнее сгорает в сравнении с бензином. Некоторым экспериментальным моделям килограмма водорода достаточно для преодоления 300 км. Такое авто разгоняется до скорости 48 км/ч всего за 5,5 сек. Максимальная скорость — чуть более 80 км/ч. Основной недостаток водорода как топлива — его высокая цена. Также, при хранении водорода, должны выполняться определенные условия. Водород должен храниться в баке под высоким давлением либо в жидком виде, но при сверхнизких (менее -253°C) температурах. Соответственно, в первом случае нужен баллон, рассчитанный на высокое давление, а во втором — сильная теплоизоляция. Первый вариант более опасен, но водород может храниться долго. Во втором случае безопасность выше, но топливо будет постепенно нагреваться и растворяться в атмосфере. Автомобили, работающие на водороде: Honda (FCX Clarity (Рис. 12), продажи с 2009 г.), BMW (Hydrogen, 7100 экземпляров для известных людей), General Motors (Chevrolet Volt, продажи с осени 2010 г.), Mazda.

Современные силовые установки подразделяются по принципу работы на два типа: электромоторы с питанием от водородных топливных элементов и двигатели внутреннего сгорания на водороде.

2.1.1 Силовые установки на основе водородных топливных элементов



Принцип работы топливных элементов построен на физико-химической реакции. По сути, топливные элементы напоминают обычные свинцовые аккумуляторы. Разница в том, что КПД топливного элемента существенно выше КПД аккумулятора и составляет 45% и более.

В корпусе водородно-кислородного топливного элемента установлена мембрана, проводящая только протоны. Она разделяет две камеры с электродами - анодом и катодом. В камеру анода подведен водород, а в камеру катода кислород. Каждый электрод покрыт слоем катализатора, к примеру, платиной. Молекулярный водород под воздействием катализатора, нанесенного на анод, теряет электроны. Протоны проводятся через мембрану к катоду, и под воздействием катализатора соединяется с электронами (поток электронов подводится извне), в результате чего образуется вода. Электроны из камеры анода уходят в электрическую цепь, подсоединенную к двигателю, то есть, на бытовом языке, образуется электрический ток, питающий электромотор.

2.1.2 Водородные двигатели внутреннего сгорания

При использовании водорода в обычном двигателе внутреннего сгорания возникает ряд проблем. Во-первых, при высокой температуре и сжатии водород вступает в реакцию с металлом, из которого сделан двигатель, и даже с моторным маслом. Кроме того, в случае даже небольшой утечки при контакте с раскаленным выпускным коллектором он неизбежно загорится. Поэтому, кстати, для работы на водороде используют роторные двигатели, конструкция которых подразумевает удаленность впускного коллектора от выпускного, что позволяет уменьшить риск возгорания. Однако все эти проблемы, включая необходимость изменения системы зажигания, так или иначе удается обойти, что позволяет инженерам считать водород перспективным топливом.

ДВС на водороде имеет КПД ниже, чем у двигателей на топливных элементах, однако тот факт, что для получения 1 кВт энергии водорода нужно меньше, чем бензина, позволяет смириться с пониженным коэффициентом полезного действия.

Отличным примером автомобиля с водородным двигателем может служить экспериментальный седан BMW 750hL, выпускающийся ограниченной серией и доступный покупателям. В нем установлен 12-ти цилиндровый двигатель, работающий на ракетном топливе (водород + кислород), позволяющий разогнаться до 140 км/ч.

Сжиженный водород хранится в специальном баке при низкой температуре. Запаса водорода хватает примерно на 300 километров. В случае если он израсходован, двигатель автоматически переключается на питание от дополнительного бака с бензином. Цена BMW Hydrogen 7 сопоставима со стоимостью обычной «семерки» и составляет около 93 тысяч долларов.

2.2 Проблемы и задачи развития водородных двигателей

Для массового перехода на водород в качестве топлива существует целый ряд технологических и экологических препятствий.

Производство водородного топлива на сегодняшний день обходится в 4 раза дороже, чем производство бензина.

Да и сам процесс получения водорода из воды пока еще обходится слишком дорого. Поэтому основной его объем в настоящее время производится из метана. С большими затратами связана его транспортировка и хранение.

В случае массового внедрения таких силовых установок, резко увеличится количество водорода в атмосфере, что может привести к разрушению озонового слоя Земли,



так как водородные двигатели выделяют значительно больше оксидов азота, чем бензиновые.

Уровень коммерческой окупаемости таких силовых установок просматривается лишь в отдаленной перспективе.

Однако точно такие же проблемы в свое время возникали в период развития бензиновых, электрических и газовых двигателей. Остается надеяться, что через 15-20 лет ситуация изменится, и появление водородного автомобиля на дорогах станет обычным делом.

3 Гибридные силовые установки

В поисках современных решений существующих проблем производители создают новые виды двигателей, совершенствуют конструкции автомобилей и внедряют улучшенные технологии. Результатом подобной работы стало появление гибридного автомобиля. Сейчас многие с большой уверенностью говорят, что именно так будут выглядеть машины на дорогах в ближайшем будущем.

Термин "гибридный" обозначает автомобиль, который имеет больше одного источника энергии. Мы привыкли к тому, что все автомобили используют двигатель внутреннего сгорания на бензиновом или дизельном топливе. Также раньше были известны так называемые электромобили. Сейчас же производители стараются привлечь покупателей, повышая экономию топлива, поэтому они объединяют двигатель внутреннего сгорания и электромотор в одном автомобиле.

Автомобильная гибридная система сочетает два источника движущей силы, это ДВС и электродвигатель, с целью извлечь преимущества и компенсировать недостатки каждого из них. Такая система полностью автономна и не требует внешней подзарядки. Обладает следующими характеристиками:

- Сокращение энергетических потерь. Система автоматически останавливает двигатель на холостом ходу, не тратя энергию впустую, как в обычном случае.

- Возврат энергии и повторное использование. Энергия, которая в обычном случае потеряется в виде теплоты во время снижения оборотов двигателя и торможения, превращается в электрическую энергию, которая затем используется для питания стартера и электродвигателя.

- Мотор-помощник. Электрический мотор помогает двигателю во время набора скорости.

- Высокоэффективное управление работой. Система максимизирует выходной коэффициент полезного действия транспортного средства, используя электродвигатель, чтобы приводить в движение автомобиль при режимах работы, на которых эффективность ДВС низка, и вырабатывая электричество при высокоэффективных режимах работы двигателя.

3.1 Принцип работы

Электромотор используется для того, чтобы тронуться с места и дальнейшей езды на малых скоростях. При первичном разгоне батарея начинает отдавать свою энергию, направляя ее на блок управления электропитанием и затем непосредственно на электрические двигатели.



Во время движения в обычном режиме используется одновременно бензиновый двигатель и электромотор. Нагрузка распределяется между ними равномерно. Генератор производит зарядку батареи во время движения, когда в работу вступает ДВС.

Во время разгона основная нагрузка ложится на бензиновый двигатель. Если требуется улучшить динамику, то в дело вступает электромотор. В этом режиме вновь происходит зарядка батареи за счет энергии движения.

Во время торможения гибридная силовая установка использует кинетическую энергию и преобразует ее в электрическую, которая в свою очередь направляется на блок управления электропитанием. Бензиновый двигатель функционирует в нормальном режиме. За счет преобразования кинетической энергии торможения происходит зарядка высоковольтной батареи.

Отсюда можно понять, что гибридные автомобили гораздо более эффективны в работе, хотя бы за счет того, что используется кинетическая энергия, которая до этого просто расходовалась впустую. Кроме того производители устанавливают на свои машины самые современные двигатели внутреннего сгорания и сложные компьютерные системы.

Многие специалисты сейчас достаточно уверенно говорят, что это современная система расходования топлива и энергии, в которой так нуждались автомобили. В ближайшее время гибридные установки будут продолжать развиваться и совершенствоваться. Если удастся устранить существующие недостатки — сложность конструкции и более высокую стоимость — то подобные машины завоюют лидерство буквально за несколько лет. Остается только подождать новых шагов от мировых автомобильных компаний и посмотреть своими глазами, что же у них получится

3.2 Классификация ГСУ

Известны три варианта гибридных силовых установок:

1) Последовательная схема. ДВС работает только на генератор, при этом выбирается режим минимального расхода топлива. Энергия, вырабатываемая генератором, подается либо на тяговый электродвигатель, либо в накопитель энергии и на тяговый электродвигатель, либо только в накопитель энергии. Тяговый электродвигатель обеспечивает весь необходимый силовой и скоростной диапазоны транспортного средства и при его замедлении работает в режиме генератора, обеспечивая рекуперацию энергии торможения. Достоинствами последовательной схемы являются: возможность работы первичного двигателя (ДВС) в постоянном режиме минимального расхода топлива, простота управления силовой установкой, отсутствие специальных узлов трансмиссии. К недостаткам следует отнести слишком малый КПД системы превращения энергии от двигателя внутреннего сгорания до приводных колес. Такая схема применяется на Toyota Coaster Hybrid и различных автобусах, оснащенных гибридными силовыми установками.

2) Параллельная схема. ДВС и тяговый электродвигатель (ТЭД), питаемый от аккумуляторной батареи (АБ) через трансмиссию, связаны с ведущими колесами. Преимуществом параллельной схемы является более высокий КПД передачи энергии от первичного двигателя к ведущим колесам, в сравнении с последовательной схемой, и возможность применения одной электромашины вместо двух.

Недостаток - обязательное усложнение трансмиссии для обеспечения отбора (подвода) мощности электрической машины, отход первичного двигателя от режима минимального расхода топлива при регулировании скорости движения транспортной машины и определенное усложнение системы управления трансмиссией.



Возможен вариант и параллельной схемы, при которой обратимая электромашина устанавливается в приводе другого ведущего моста, чем ведущий мост трансмиссии первичного ДВС. Например, при переднеприводной схеме трансмиссии первичного двигателя обратимый электрический мотор устанавливается в приводе заднего моста. Достоинством такого варианта следует считать определенное упрощение трансмиссии первичного двигателя, недостатком - использование колесного движителя в качестве элемента системы превращения энергии. Эта схема применяется на Honda Civic Hybrid.

3) Последовательно-параллельная схема. Эта система сочетает в себе последовательную гибридную систему с параллельной для получения максимальных преимуществ от обеих систем. Она имеет два двигателя, и в зависимости от условий движения использует только электромотор или приводится в движение совместно с ДВС для достижения высокого уровня эффективности. В дальнейшем, когда это необходимо, система приводит в движение колёса, одновременно вырабатывая электричество, задействовав генератор.

Такая система используется на Toyota Prius, Estima Hybrid и Lexus RX400h. В последовательнопараллельном гибриде (Toyota Hybrid System), планетарный делитель мощности разделяет силовой поток, идущий от двигателя так, что соотношение мощности, поступающей непосредственно на колёса, и идущей на генератор может плавно изменяться. Поскольку электродвигатель может работать на вырабатываемой электроэнергии, то он используется больше, чем при параллельной схеме.

3.3 Преимущества и недостатки гибридных автомобилей

Среди основных преимуществ отмечают следующие черты:

- экономичность;
- экологическая чистота;
- улучшенные ходовые характеристики;
- увеличенная дальность пробега;
- возможность повторного использования энергии движения.

В то же время на данный момент имеются свои недостатки. В частности это высокая сложность конструкции, вследствие чего увеличивается себестоимость. Из-за этого многие мировые автомобильные компании отказываются или откладывают на неопределенный срок создание подобных образцов. Также усложняется техническое обслуживание, возникают трудности с утилизацией аккумуляторных батарей и т.д.

Главное преимущество гибридных автомобилей — это пониженное потребление топлива. Поскольку во время разгона машина вовсе не потребляет бензина, то в городском цикле экономия топлива составляет 25-35%. На одном только электроприводе гибрид эконом-класса может проехать до 80 км, а разогнаться — до 50—60 км/ч. Такие показатели позволяют уменьшить почти на треть количество заездов на заправку. В режиме загородной трассы этот показатель достигает половины заездов. А это, помимо значительной экономии топлива, приводит к сокращению времени в пути. К примеру, на одном 45-литровом баке гибридной Toyota Prius можно проехать до 1000 км.

Во-вторых, за счет того, что в авто, по сути, два двигателя, для достижения мощности негибридного аналога достаточно установить менее мощный бензиновый мотор. Как правило, экономия достигает 30—50% от мощностей традиционной модификации. Например, мощность двухлитрового автомобиля достигается в гибриде за счет работы 1,5-литрового мотора на пару с электродвигателем, коэффициент полезного действия которого составляет 90—95%. Сумма этих факторов приводит к тому, что гибридный среднелассник потребляет не более 5—6 л/100 км в городском режиме, в то время как его негибридный собрат выходит в среднем на 11—12 л/100 км. Есте-



венно, снижение потребления влечет за собой уменьшение выбросов вредных веществ в атмосферу. Гибриды выбрасывают в атмосферу на 90% меньше сажи и углеводородов, а оксидов азота — на 50%. Но подобный эффект достигается только при “среднестатистической” эксплуатации автомобиля, то есть на скорости не выше 70—80 км/ч в городском режиме и не более 120—130 км/ч — на трассе.

Еще одно преимущество, связанное с экологией, состоит в том, что во время простоя в пробке автомобиль вообще не генерирует выхлопов за счет работы от аккумуляторной батареи. Электродвигатель обеспечивает мгновенный запуск и остановку, не имеет необходимости в холостом ходе, что дает еще одно важное преимущество — отсутствие механизма сцепления. В теории такой механизм вовсе может быть размещен непосредственно в колесе. И такие разработки уже существуют. Кроме того, на обогрев салона не тратится ресурс традиционного для негибридных авто отопителя салона, работающего на том же топливе, что и ДВС.

Основным недостатком гибридов сегодня, при всех выгодах и будущих экономиях, является их цена. В сравнении с аналогами “экологические” машины стоят на 15—20% дороже. Окупить эту разницу за счет экономии на топливе можно лишь за четыре-семь лет в зависимости от мощности (и, соответственно, “прожорливости”) двигателя и интенсивности эксплуатации. Поэтому наиболее развитыми сегментами гибридных автомобилей являются бизнес-класс и люкс. Чем экономичнее гибрид, тем он дороже. Ведь чтобы сдерживать “прожорливость” ДВС как можно эффективнее, нужны более крупные батареи. А именно их цена — главная составляющая стоимости данных автомобилей.

Второй пункт, на который пока не очень обращают внимание, но который может остро встать на повестке дня уже через несколько лет интенсивной эксплуатации гибридов, — утилизация аккумуляторов. Батареи рано или поздно изнашивают свой ресурс перезарядов. Конечно, сегодняшние несколько десятков тысяч возможных “паспортных” перезарядок (около 100 000 км пробега) не идут ни в какое сравнение с несколькими сотнями, которыми обладали первые серийные батареи каких-то 15 лет назад. Однако даже такие долговечные аккумуляторы все равно когда-нибудь нужно будет утилизировать.

Среди бытовых “неурядиц”, которые сулят гибридным авто, — потенциальная невозможность работать в условиях сравнительно суровой зимы. Дескать, если температура будет ниже -15С, машина откажется заводиться. Впрочем, практическая эксплуатация показала, что максимальным неудобством, которое может принести зимняя погода, для гибрида является увеличение расхода топлива, что в принципе характерно и для обычного автомобиля.

Гибридные двигатели уже сегодня могут составить конкуренцию бензиновым «монстрам». Тенденция налицо — в последние несколько лет было представлено сразу несколько гибридных суперкаров, подходящих по классу для выступления в гонках на выживание.

Наиболее известны среди них McLaren P1 Porsche 918 и LaFerrari — сейчас они существуют в ограниченном серийном производстве, но их спортивные версии хоть сегодня могут быть допущены к соревнованиям.

Силовой агрегат — бензиновый турбодвигатель V8 или V12 в сочетании с электромотором и аккумуляторным блоком. При сложении мощности основного и электрического двигателей суммарная мощность суперкара такого класса достигает порядка 900 л. с. (из них до 800 л. с. — доля бензинового агрегата).

При столь серьезных показателях гибридные суперкары значительно экономичнее своих бензиновых собратьев (Porsche 918, по официальному заявлению, тратит до 3,5 л на 100 км). На LaFerrari установлена система KERS, аналогичная «формульной» и



дающая двигателю дополнительную мощность, а на McLaren P1 — система рекуперативного торможения, подзаряжающая аккумуляторы, когда автомобиль тормозит.

4 Электромобили

Автомобиль, работающий на электрической энергии, не производящий шум и загрязнение, способный заряжаться от обычной электросети, имеющий на своей панели управления минимум рычагов и кнопок.

Общая система электрического автомобиля представлена несколькими основополагающими блоками. В первую очередь, это электродвигатель постоянного тока, источник электропитания в виде аккумуляторной батареи, контроллер (система управления работой двигателя), дополнительные устройства, обеспечивающие защиту, контроль, индикацию и прочие немаловажные функции.

Электродвигатель — главная тяговая часть, приводящая автомобиль в движение. Он должен быть постоянного тока, так как при таком типе легче осуществляется управление скоростью движения движка. Первым показателем при выборе электродвигателя является его номинальная мощность. Именно от неё зависит оптимальность, надёжность, качественность, экономность функционирования электрического автомобиля. Для легковых автомашин мощность электродвигателя должна быть в пределах 5-10 кВт (в зависимости от массы и тяговой возможности машины).

Также следует брать во внимание и следующий момент, это номинальная величина рабочего напряжения и силы тока электрического двигателя. Можно выбрать двигатель с напряжением питания 100 вольт и током потребления 60 ампер, что даст мощность 6000 ватт. А можно выбрать напряжение 48 вольт и ток 125 ампер, что также даст 6000 ватт. Первый вариант более предпочтительней, так как в нём меньший ток, а значит и проще система управления.

Устройство автомобиля подразумевает оптимальное количество элементов электропитания, а именно аккумуляторов. Излишнее количество питающих элементов не только негативно сказывается на лишнем весе, что критично для работы машины, а ещё и обслуживании аккумуляторов, их размещения внутри автомобиля. Кроме того, учитывайте номинальный ток разряда, который не должен превышать указанный производителем. Длительное пренебрежение этим условием (резкие и длительные чрезмерно большие токи разряда аккумулятора) значительно сокращает срок службы питающих элементов. Да и на саму электрическую цепь электромобиля чрезмерный ток скажется негативно.

Среди перечисленных базовых частей электрического автомобиля в его устройстве немаловажную роль играет контроллер, который выполняет функцию регулятора частоты вращения электродвигателя. Это блок электронной схемы, стоящей между аккумулятором и электрическим двигателем. Его внешнее управление задаётся переменным сопротивлением, что связано с падалью газа. При нажатии на газ происходит изменение параметров резистора, а это учитывается контроллером, который в свою очередь меняет частоту и силу тока, подаваемого на двигатель.

4.1 Принцип работы электромобиля

Принцип работы электрического двигателя автомобиля во многом схож с работой тех же электромоторов вентиляторов и т.д. Суть работы любого электромотора в том, что подвижная часть двигателя (ротор) совершает вращательные движения вокруг неподвижной части (статор) под воздействием магнитного поля, которое создается электричеством. Ротор приводит в движение ось, на которой размещены колеса авто-



мобиля. На моторный вал устанавливается редуктор и дифференциал, чтобы адаптировать скорость вращения ротора к радиусу колёс автомобиля. Электромобиль не имеет коробки передач, так как переход из неподвижного состояния к движению осуществляется плавным повышением скорости. Когда автомобиль не совершает движения, то мотор не потребляет энергию, что для городских магистралей очень кстати. Электромобиль заряжается дома или на станции, причём пользователь платит только по установленным тарифам за электроэнергию.

Центральным агрегатом, сердцем всего электромобиля является аккумуляторная батарея. Чем дольше она сможет поддерживать заряд, используя свою емкость, тем дольше автомобиль будет ездить без подзарядки. Именно над увеличением емкости и уменьшением размеров и веса аккумуляторной батареи ведутся основные разработки в электромобилестроении.

Разработчики идут на некоторые хитрости, чтобы увеличить дальность хода электрокаров. Например, оснащают электромобиль дополнительный двигателем ДВС небольшого объема, который работает как генератор, подзаряжая аккумуляторную батарею во время движения. С таким вот бензиновым генератором электромобиль может преодолевать расстояние до 300-360 километров.

4.2 Виды исполнения электромобилей

4.2.1 Электромобили, оснащенные аккумуляторными батареями

Аккумуляторные электромобили являются самым первым и простым видом электромобилей. Первые работоспособные модели были построены ещё в конце XIX века. Активно использовались в США вплоть до 20-х годов XX века. В течение 30-40 гг. наиболее активно применялись в Германии. С 1947 г. широко используются в Англии.

Принципиальная схема аккумуляторного электромобиля в общем случае следующая: аккумуляторная батарея через силовую электропроводку и систему регулирования (управления) тягового электродвигателя соединяется с ТЭД, который, в свою очередь, через карданный вал передаёт главной передаче крутящий момент.

Технико-экономические параметры данного типа электромобилей, прежде всего, зависят от характеристик применяемых аккумуляторных батарей. Величина желаемого пробега электромобиля на один заряд батареи (запас хода) прямо пропорциональна отношению веса аккумуляторной батареи к полному весу электромобиля. Зависимость веса батареи от грузоподъемности электромобиля значительно выше, чем зависимость веса карбюраторного двигателя от грузоподъемности автомобиля.

Батареи располагаются на шасси электромобиля чаще всего таким образом, чтобы имелась возможность: осуществлять быструю замену батарей аккумуляторов, легкого доступа к выводным штырям и отверстиям для заливки электролита. Для этого чаще всего батареи располагают в двух ящиках по бокам электромобиля.

4.2.2 Электромобили, оснащенные топливными элементами

Характерной особенностью электромобилей, оснащенных ТЭ (топливными элементами), является то, что масса энергосилового устройства не изменяется при изменении её энергоёмкости, а увеличение запаса хода может быть достигнуто за счет увеличения массы топлива в топливных баках (как в автомобилях с ДВС).

Таким образом, с одной стороны, ТЭ позволяют существенно повысить запас хода электромобиля, но, с другой стороны, топливо для них имеет высокую стоимость,



а также может быть токсичным и при переработке в ТЭ выделять в атмосферу вредные вещества.

4.2.3 Комбинированные энергоустановки

В конце 60-х и начале 70-х годов был разработан ряд опытных образцов электромобилей с энергосиловыми установками типа «Аккумуляторные батареи — Топливные элементы»:

В Англии на базе DAF 44 был создан электромобиль со смешанной системой питания от аккумуляторных батарей и от гидрозийно-воздушных ТЭ с удельной мощностью 160 Вт/кг. При разгоне основная нагрузка ложилась на батареи, в остальных режимах — на топливные элементы, подзаряжающие аккумуляторную батарею.

В США на базе Austin A-40 был изготовлен электромобиль с комбинированной системой, включающей щелочные водородно-воздушные элементы и свинцово-кислотные аккумуляторные батареи. Запас хода достигал 320 км.

4.2.4 Электромобили на солнечных батареях

Существует множество конструкций электромобилей на так называемых «солнцемобилей», однако их общей проблемой является низкий КПД батарей (обычно порядка 10-15 %, передовые разработки позволяют добиться 30%), что не позволяет запасти значительное количество энергии за день, сокращая суточный пробег; к тому же солнечные элементы бесполезны ночью и в пасмурную погоду. Вторая проблема — дороговизна солнечных батарей.

Среди примеров солнцемобилей можно назвать прототипы Venturi Astrolab, Venturi Eclectic (дополнительно оснащённый ветровой установкой), концепт-кар ItalDesign-Giugiaro Quaranta (впрочем, энергии, которую накапливают солнечные батареи, хватает в нём разве что на питание бортовой электроники), итальянский Phylla, а также SolarWorld GT, который в 2012 году совершил кругосветный марафон. Последний оборудован двумя мотор-колёсами Loebbemotor номинальной мощностью 1,4 кВт каждое (пиковая мощность — 4,2 кВт каждое, или в сумме — 11,42 лошадиные силы). Благодаря малой массе (карбонный кузов позволил добиться веса 260 кг, сам кузов весит 85 кг) и аэродинамически совершенной форме кузова ($C_x = 0,137$), удалось добиться максимальной скорости 120 км/ч. Крузиная скорость — 50 км/ч (при работе моторов на номинальной мощности), на ней SolarWorld GT может проехать 275 км — больше, чем многие современные электромобили. Этот пробег обеспечивает 21-килограммовая литий-ионная батарея ёмкостью 4,9 кВтч.

4.3 Сравнение электромобилей с ДВС

Электромобили отличаются низкими транспортными расходами. Ford Ranger потребляет 0,25 кВт·ч на один километр пути, Toyota RAV4 EV — 0,19 кВт·ч на километр. Средний годовой пробег автомобиля в США составляет 19200 км (т. е. 52 км в день). При стоимости электроэнергии в США от 5 до 20 центов за кВт·ч стоимость годового пробега Ford Ranger составляет от \$240 до \$1050, RAV-4 — от \$180 до \$970.

В России стоимость электроэнергии — порядка 12 центов (3,8 руб) за кВт·ч по дневному тарифу и около 3 центов (0,95 руб) за кВт·ч ночью. Таким образом, транспортные расходы электромобилей в России будут несколько ниже, чем в США, поскольку заряжаться он будет, скорее всего, ночью. КПД тягового электродвигателя составляет 88—95 %.



Существует мнение, что низкий уровень шума электромобилей может создавать проблемы — пешеходы, переходя дорогу, зачастую ориентируются на звук автомобиля. Разумеется, резкий шум работающего мощного электродвигателя трудно с чем-то спутать, шум электроприводов троллейбуса (в основном, воздушных компрессоров и вентиляторов в старых моделях), механических передач (дифференциал и карданная передача), электрокара, поезда метро широко известен, так что электромобилю необходимо обычное для транспорта шумоподавление. Да и шум современного автомобиля на небольшой скорости очень мал, в основном, это шум трения колёс об асфальт, гравий или другое покрытие. Однако при использовании маломощных двигателей, как, например, в трамваях, шум действительно практически отсутствует и на некоторых выпускаемых электромобилях искусственно повышают уровень шума при скоростях до 30 км/ч.

Стоит учесть, что ДВС могут питаться не только углеродосодержащим топливом, но и водородом.

Преимущества:

- Отсутствие вредных выхлопов в месте нахождения автомобиля.
- Более высокая экологичность ввиду отсутствия необходимости применения нефтяного топлива, антифризов, моторных масел, а также фильтров для этих жидкостей.
- Простота техобслуживания, большой межсервисный пробег, дешевизна ТО и ТР.
- Низкая пожаро- и взрывоопасность при аварии.
- Простота конструкции (простота электродвигателя и трансмиссии; отсутствие необходимости в переключении передач ввиду высокой приспособляемости крутящего момента ТЭД к изменениям внешней нагрузки, низкой устойчивой частоты вращения вала электродвигателя, возможности его реверсирования) и управления, высокая надёжность и долговечность экипажной части (до 20—25 лет) в сравнении с обычным автомобилем.
- ДВС является источником возникновения динамических нагрузок и крутильных колебаний в трансмиссии автомобиля и источником вибраций, передающихся несущей конструкции автомобиля, на электромобиле ТЭД динамически уравновешен.
- Возможность подзарядки от бытовой электрической сети (розетки), но такой способ в 5—10 раз дольше, чем от специального высоковольтного зарядного устройства.
- Автомобиль с электроприводом — единственный вариант применения на легковом автотранспорте дешевой (по сравнению с нефтяным или водородным топливом) энергии, вырабатываемой АЭС, ГЭС и т. п.
- Массовое применение электромобилей смогло бы помочь в решении проблемы «энергетического пика» за счёт подзарядки аккумуляторов в ночное время.
- ТЭД имеют КПД до 90-95 % по сравнению с 22-42 % у ДВС.
- Меньший шум за счёт меньшего количества движимых частей и механических передач.
- Высокая плавность хода с широким интервалом изменения частоты вращения вала двигателя.
- Возможность подзарядки аккумуляторов во время рекуперативного торможения.
- Возможность торможения самим электродвигателем (режим электромагнитного тормоза) без использования механических тормозов — отсутствие трения и, соответственно, износа тормозов.



- Простая возможность реализации полного привода и торможения путем применения схемы «мотор-колесо», что позволяет, помимо прочего, легко реализовать систему поворота всех четырёх колес, вплоть до положения, перпендикулярного кузову электромобиля.

Недостатки:

- Аккумуляторы за полтора века эволюции так и не достигли плотности энергии и стоимости, сопоставимой с горючим топливом, однако и этого уже достаточно, чтобы почти на равных конкурировать с автомобилями на бензине. В ноябре 2005 года A123 System анонсировала новый высокомоощный быстрозаряжающийся элемент питания, основанный на исследованиях, лицензированных MIT. Первая партия элементов была выпущена в 1-м квартале 2006 года и использовалась для питания электроинструментов DeWalt и стартеров авиадвигателей. Идея нового аккумулятора заключается в активизации литиево-ионного обмена между электродами. С помощью наночастиц удалось развить обменную поверхность электродов и получить более интенсивный ионный поток. Чтобы исключить слишком сильное нагревание и возможный взрыв электродов, авторы разработки применили в катодах вместо лития/оксида кобальта литий/фосфат железа. Новые батареи отличаются не только большой ёмкостью, но и быстрой зарядкой. Чтобы полностью зарядить их, требуется всего 30 минут.

- Проблемой является производство и утилизация аккумуляторов, которые часто содержат ядовитые компоненты (например, свинец или литий) и кислоты.

- Часть энергии аккумуляторов тратится на охлаждение или обогрев салона автомобиля, а также питание прочих бортовых энергопотребителей (например, свет или воздушный компрессор). Но вряд ли это можно назвать существенным недостатком.

- Для массового применения электромобилей требуется создание соответствующей инфраструктуры для подзарядки аккумуляторов («автозарядные» станции). Однако, когда-то и АЗС тоже не существовало.

- При массовой зарядке электромобилей от бытовой сети возрастают перегрузки электрических сетей «последней мили», что чревато снижением качества энергообеспечения и риском локальных аварий сети.

- Длительное время зарядки аккумуляторов по сравнению с заправкой топливом. Однако, в отличие от АЗС, месторасположения зарядных станций не имеют столь строгих ограничений и могут располагаться в более удобных местах, например, на парковках возле супермаркетов, и могут быть более распространены, чем автозаправочные станции.

- Малый пробег большинства электромобилей на одной зарядке. Литиевая батарея ёмкостью 24 кВт·ч позволяет электромобилю проехать около 160 км. Использование кондиционера, отопителя салона, загрузка электромобиля пассажирами или грузом, движение с частым разгоном/торможением и скоростью более 90-100 км/ч уменьшают пробег до 80 км. Однако «большинство» не означает «все». Электрический седан Tesla Model S имеет батарею ёмкостью 85 кВт·ч которая позволяет ему преодолевать 480 километров на скорости 90 км/ч, что сопоставимо с пробегом большинства бензиновых машин.

- Высокая стоимость литиевых батарей, или высокий вес достаточно ёмких свинцовых батарей.

- Зависимость емкости аккумулятора от режима разряда. Емкость приблизительно обратно пропорциональна корню квадратному от разрядного тока. Переход от секундных режимов разряда (стартер) к часовым увеличивает реальную емкость в десятки раз, поэтому этот недостаток несущественен.

- Мощность, вырабатываемая всеми современными электростанциями, значительно меньше, чем мощность всех современных автомобилей. Вырабатываемой энер-



гии не хватит на одновременную зарядку очень большого количества электромобилей. Однако следует учесть, что выработка бензина также требует электричества (до 5 кВт·ч на литр), поэтому по мере уменьшения мирового потребления бензина мощности электростанций будут перераспределяться в сторону энергообеспечения электромобилей.

- Для стран с холодным климатом очень остро стоит вопрос отопления салона. Для эффективного отопления салона машины средних размеров нужно около 2-3 кВт тепловой мощности, в то время как ёмкость батареи продающегося в России Mitsubishi i-MiEV составляет около 16 кВт·ч, и включенная печь может существенно отразиться на его запасе хода. Однако существуют электромобили и с более ёмкими батареями, как в случае с Tesla Model S, включенной печки хватит на двое суток непрерывной работы.

4.4 Сравнение электромобилей с гибридами

Преимущества:

- Общая простота конструкции и управления в сравнении с гибридными автомобилями.
 - Меньшее количество механических элементов и деталей.
 - Более высокая надежность.
 - Простота ремонта и обслуживания, а, как следствие, и более низкие затраты при эксплуатации.
 - Меньшее загрязнение окружающей среды.
 - Отсутствие необходимости в топливе. Однако стоит заметить, что некоторые гибриды тоже могут обходиться без топлива (технология PHEV или Plug In Hybrid).
 - Существенная экономия на 1 км пути в смешанном или загородном цикле.
 - Более простая электроника, управляющая тяговой установкой, так как нет необходимости управлять отдельно разнородными двигателями.
 - В большинстве случаев более низкая стоимость.
 - Отсутствие трансмиссии, в отличие от механических гибридов.
 - Аккумуляторы электромобиля работают очень активно, а, следовательно, довольно сильно нагреваются. Аккумуляторы же гибрида работают в более щадящем режиме и мало греются. *Следовательно, при низких температурах окружающей среды ёмкость аккумуляторов у гибридного автомобиля будет существенно снижаться. Однако некоторые гибридные автомобили (например, Toyota Prius 3) имеют общую гибридную систему охлаждения, нагревающую зимою тяговый аккумулятор от ДВС, а летом, соответственно, охлаждающую.

Недостатки:

- Большая масса аккумуляторов.
- Длительная зарядка аккумуляторов, однако существуют способы «быстрой зарядки» до неполной ёмкости батареи.
 - В большинстве случаев низкие динамические показатели.
 - В некоторых гибридах вообще отсутствуют электрические аккумуляторные батареи.
 - Наиболее крупные автомобилестроительные компании после 2000-х уделяют мало внимания электромобилям в пользу гибридов.
 - В некоторых моделях гибридных автомобилей возможна реализация тяги отдельно от ДВС и ТЭД. То есть при выходе из строя одного из них возможно движение только на другом.



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В заключение уделим несколько слов будущему альтернативных топлив. Их применение, за исключением углеводородных газов, уже используемых на практике, - пока еще далекая перспектива. В данный момент на очереди спирты и диметилвый эфир. Не стоит забывать, что темпы внедрения экологических технологий на транспорте во многом обуславливаются политикой государства и являются показателем высокой технической и экологической культуры нации.

В завершение хотелось бы указать, что в наше время горюче-смазочные материалы используются практически во всех отраслях народного хозяйства, предприятиями всех форм собственности.

И все же инженеры продолжают изыскивать все новые и новые альтернативные энергоресурсы - или возвращаются к старым идеям, некогда признанным бесперспективными и потому отвергнутым, а теперь снова сулящим успех.

По итогу мы изучили все поставленные задачи, тем самым достигли поставленной цели.

Список использованных источников

Леонард Р. Истощение нефтяных запасов и грядущая эпоха природного газа // Нефтегазовая вертикаль, № 9, 2001.

Гайнуллин Ф. Г., Андреев А. Е. Использование углеводородных газов в качестве моторного топлива. М.:ЦНИИТЭНЕФТЕХИМ, 1986.

Елисеев В. Г., Кунис И. Д. Экологические аспекты применения сжиженного природного газа как альтернативного топлива //Конверсия в машиностроении, № 2, 2001.

Системы современного автомобиля [Электронный ресурс]: 2009-2014. - Режим доступа: systemsauto.ru

Устройство и схема гибридных двигателей в машинах [Электронный ресурс]: АвтоМотоСпец, AvtoMotoSpec.Ru 2001-2015 - режим доступа: <http://avtomotospec.ru>

Горелик Д.О., Конопелько Л.А. Мониторинг загрязнения атмосферы и источников выбросов. Аэроаналитические измерения. - М.:Издательство стандартов, 1992.

С. Жуков. Природный газ – моторное топливо XXI века; Промышленность сегодня, №2, 2001.

Брагинский О. Б. Альтернативные моторные топлива для транспорта: науч. изд./ О. Б. Брагинский – Москва: 2008.

Русяйкин Е. О., Кулинский Д. П. Альтернативные виды топлива для двигателей внутреннего сгорания: науч. изд./ Русяйкин Е. О., Кулинский Д. П. - Государственное бюджетное образовательное учреждение среднего профессионального образования Пензенской области «Пензенский автомобильно-дорожный колледж» Пенза, Россия: 2011.



АНАЛИЗ ТРУБЧАТЫХ ПЕЧЕЙ НАГРЕВА НЕФТИ
 Усков А.С.,
 научный руководитель канд. техн. наук Лысянникова Н.Н.
 Сибирский федеральный университет

Печи нагрева нефти используются непосредственно на нефтяных месторождениях и нефтеперекачивающих станциях и предназначены для интенсивного нагрева, в результате которого снижается вязкость продукта.

В районах крайнего севера, при отрицательных температурах, применение трубчатых печей нагрева нефти является неотъемлемой частью технологического процесса. Печи нагрева позволяют поддерживать нужный диапазон температур, при котором продукт будет иметь наилучшие транспортировочные свойства, обеспечивая при этом заданный технологический режим работы нефтепровода.

Печи нагрева нефти состоят из:

- камера радиации с радиантными змеевиками, с необходимыми для обслуживания печи люками - лазами и горелочными устройствами (кроме того, камера радиации печи нагрева нефти оснащена системой пожаротушения)
- камера конвекции, оборудованная конвективными трубными пучками и теплоутилизирующими поверхностями
- газоходы и дымовая труба с регулирующими шиберами.

Классификация трубчатых печей нагрева нефти:

- печи трубчатые прямого нагрева нефти
- подогреватели нефти с промежуточным теплоносителем
- подогреватели нефти с комбинированным нагревом

Печь трубчатая блочная ПТБ-10А.

Трубчатая печь ПТБ-10А (рисунок 1) состоит из трех основных блоков: теплообменной камеры, блока основания печи и блока вентиляторного агрегата, кроме того, в состав печи входят четыре блока взрывных клапанов, четыре дымовые трубы, сборочные единицы трубопроводов входа и выхода нефти, трубопроводы обвязки змеевиков нагрева газа, площадка обслуживания и стремянка.

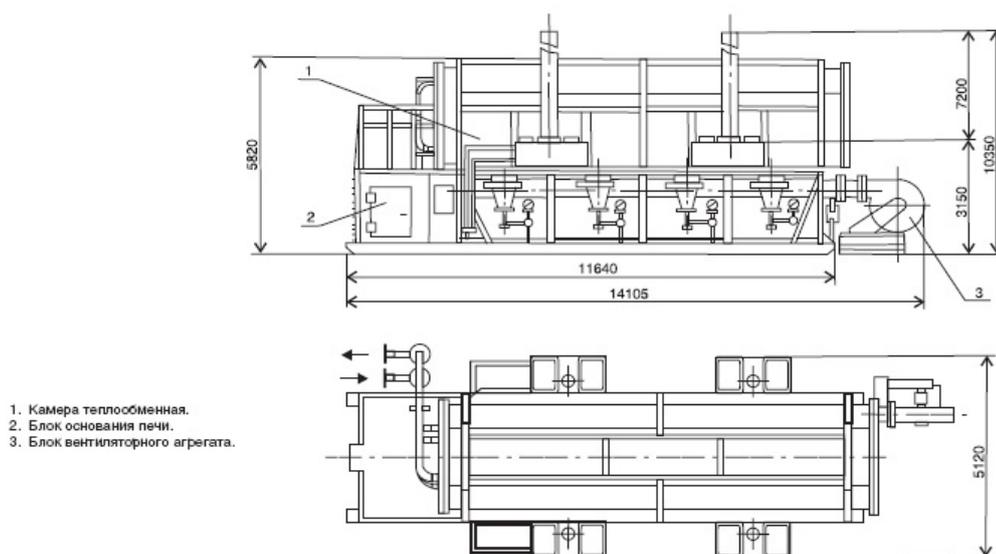


Рисунок 1. Печь трубчатая блочная ПТБ-10А

В теплообменной камере осуществляется процесс теплообмена между продуктами сгорания газового топлива, омывающими наружные поверхности труб секций змеевиков, и нагреваемой средой, перемещающейся внутри труб змеевиков. Нагреваемый продукт при своем движении по секциям змеевика нагревается за счет тепла, отдаваемого продуктами сгорания топливного газа, сжигаемого в четырех камерах сгорания и поступающего в пространство теплообменной камеры.

В блоке основания печи размещены четыре камеры сгорания (реакторы горения) для сжигания газового топлива, трубопроводы подачи топливного газа к камерам сгорания и их запальным устройствам, воздуховод принудительной подачи воздуха на горение и помещение подготовки топлива.

Подогреватель пугевой автоматизированный ПП-0,63А/АЖ.

Подогреватель ПП-0,63А/АЖ (рисунок 2) выполнен в виде цилиндрической емкости на раме санного типа, в нижней части емкости размещено топочное устройство с газовой или жидкотопливной горелкой, в верхней части располагается трубчатый продуктовый змеевик и змеевик подогрева топлива. Внутренний объем емкости заполняется жидким теплоносителем (вода, антифриз), передающим теплоту от топки змеевику. Емкость снабжена расширительным бачком теплоносителя, дыхательным клапаном.

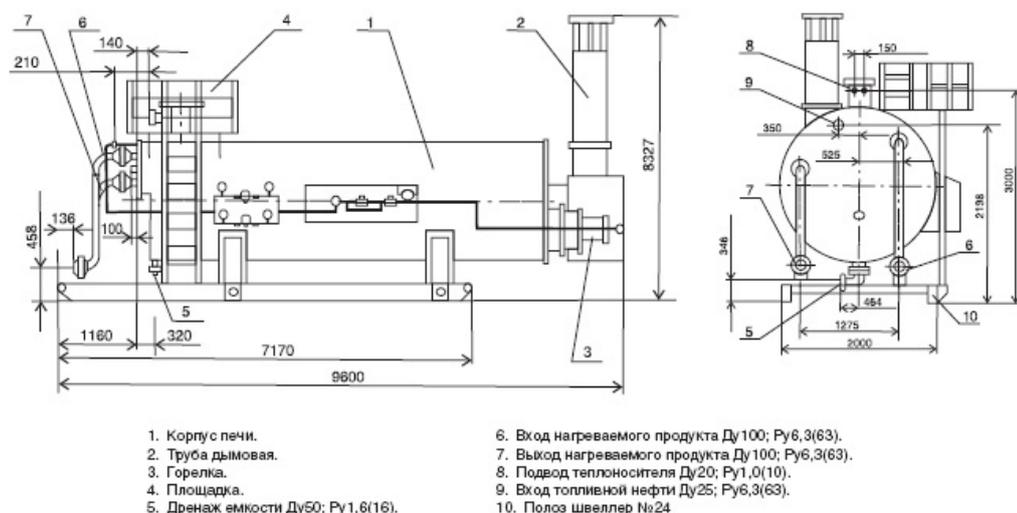


Рисунок 2. Подогреватель пугевой автоматизированный ПП-0,63А/АЖ

Технологический процесс нагрева нефти осуществляется следующим образом: нагреваемый продукт поступает в продуктовый змеевик подогревателя, нагревается от промежуточного теплоносителя до заданной температуры, после чего выводится из подогревателя. Температура продукта контролируется в трубопроводе на выходе из змеевика датчиками, сигналы с которых поступают в контроллер управления горелкой (меняя режим горения).

Подогреватель нефти с комбинированным нагревом ПНК.

В подогревателе ПНК (рисунок 3) реализованы принципы «мягкого» нагрева нефти в среде промежуточного теплоносителя (пресная вода) и в среде умеренных температур продуктов сгорания топлива, исключающих отложения кокса на стенках змеевика и нарушений в его работе.

Нефть из промышленной сети поступает в продуктовый змеевик подогревателя, состоящий из двух частей, находящихся в среде промежуточного теплоносителя и в

конвективной (холодной) секции топочного устройства, нагревается сначала от теплоносителя, после – от продуктов сгорания и далее выводится из подогревателя. Газ для питания горелок после очистки и редуцирования в блоке подготовки топлива подается на запальную и основную горелки, сжигается в топке подогревателя, отдавая тепло промежуточному теплоносителю и продуктовым змеевикам. Охлажденные продукты сгорания через дымовую трубу выводятся из топки подогревателя в атмосферу.

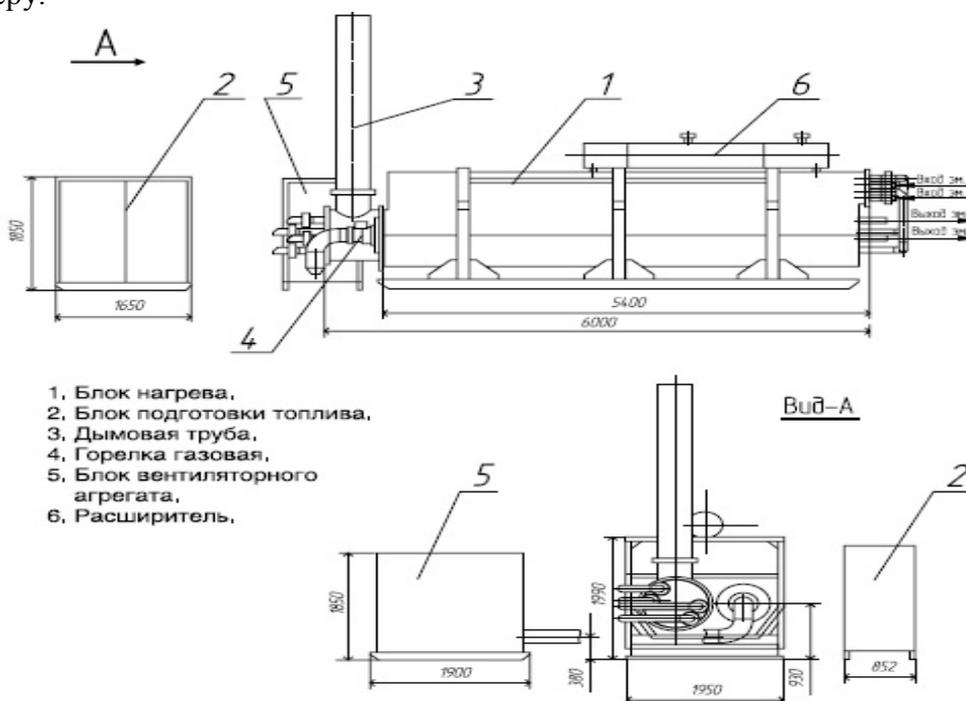


Рисунок 3. Подогреватель нефти с комбинированным нагревом ПНК

Рассмотренные мною печи, имеют ряд преимуществ и недостатков, каждая обладает своими конструктивными и технологическими особенностями, но все же, наиболее совершенной является печь трубчатая блочная ПТБ-10А.

Основные преимущества данной печи:

- обеспечивает более благоприятный режим нагрева, путем создания достаточного равномерного поля по всему внутреннему объему теплообменной камеры, за счет интенсивной рециркуляции продуктов сгорания топлива
- имеет большую мощность и производительность, что позволяет применять данные печи на нефтепроводах с большой пропускной способностью
- более простая конструкция печи, следовательно большая надежность печи и простота ремонта
- с помощью контроля соотношения газ-воздух обеспечивается точность и простота регулирования температуры нефти, а также обеспечивается более полное сгорание топливного газа.

Список использованных источников

1. Гребнев В.Д. Строительство нефтегазопромысловых объектов / В.Д. Гребнев, Д.А. Мартюшев, Г.П. Хижняк: Перм. нац. исслед. политехн. ун-т. Пермь, 2012. – 115 с.
2. Жидков А. Б. Энергоэффективность эксплуатации трубчатых печей / А. Б. Жидков // Химия и технология топлив и масел. – 2013. – № 2. – 21 с.