

РАЗВИТИЕ ХИММОТОЛОГИИ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ

Основной целью доклада является продолжение дискуссии о развитии основ химмотологии в теоретическом и практическом аспектах, начатой на 2^{ой} международной научно-технической конференции "Проблемы химмотологии", проходившей в Национальном авиационном университете в 2008 г.

На этой конференции, в частности, была высказана оценка современного состояния развития теории химмотологии, предложены формулировки одного из основных законов химмотологии и обновленная структурная схема местоположения химмотологии в системе: техника-ГСМ-эксплуатация, даны обоснования главной задачи развития теории химмотологии, как установление устойчивых количественных связей между качеством ГСМ и надежностью техники для обеспечения ее заданных технических характеристик.

Исходя из указанных предпосылок, в докладе предложено выделить такие понятия как "химмотология техники", "химмотология ГСМ", "химмотология эксплуатации техники" и рассмотрены практические задачи, решаемые в каждой из указанных областей знаний.

Так, основными практическими задачами химмотологии техники является использование эксплуатационных свойств ГСМ с максимальным эффектом для повышения характеристик машины и механизмов. На примере роли октанового числа бензинов в работе поршневых двигателей с искровым зажиганием топливо-воздушной смеси можно проследить, что повышение октанового числа бензинов позволило конструкторам разрабатывать двигатели с более высокими характеристиками динамичности, лучшими массово-габаритными показателями и уменьшенным расходом топлива.

Выбор между плохими противозносными свойствами и высокой термостабильностью реактивных топлив, а также улучшенными экологическими свойствами (по содержанию серы) дизельных топлив привел к созданию авиационных топливных насосов высокого давления и насосов-форсунок дизелей, не чувствительных к противозносным свойствам используемых топлив.

Конструкторами авиатехники решается вопрос в ряде случаев и об отказе от применения противоводокристаллизационных жидкостей за счет обеспечения температурного режима топливных фильтров, не приводящего к их забивке кристаллами льда в полете.

Если рассмотреть аспекты химмотологии, относящиеся к эксплуатации техники, то также можно выделить специфические вопросы, характерные для эксплуатации.

Одним из них является чистота ГСМ, т.е. наличие или отсутствие в них механических примесей, воды, микроорганизмов и других загрязнений, которые не должны присутствовать в ГСМ при их отгрузке из мест производства, а могут

накапливаться в процессе транспортирования, хранения, перекачивания и при других операциях.

Характерным для эксплуатации техники является также ухудшение качества ГСМ в результате их испарения, накопления продуктов окисления, выпадения в осадок или вымывания некоторых присадок, смешивания ГСМ разных марок и другое.

Особую роль в области химмотологии эксплуатации техники играет контроль качества ГСМ на пути от их производителя до потребителя.

Технологии и средства борьбы с отрицательным влиянием условий эксплуатации на качество ГСМ и составляет основную сущность химмотологии эксплуатации техники.

Основное содержание химмотологии ГСМ составляют зависимости эксплуатационных свойств индивидуальных веществ или их смесей, используемых в качестве энергоносителей, смазочных материалов и специальных технических жидкостей, от их состава.

При этом главную роль играет вещество, составляющее основную массу того или иного ГСМ. Так, основа смеси углеводородов определяет такие основополагающие свойства, как плотность для авиакеросинов, исходное октановое число для бензинов, поведение при низких температурах для дизельных топлив, вязкость для моторных масел и т.д. Однако в чистом виде основное вещество в очень редких случаях применяется в качестве ГСМ. К таким случаям больше всего относятся компоненты жидких ракетных топлив (O_2 , H_2 , H_2O_2 и некоторые другие). Но даже и в них, не говоря уже об углеводородных смесях, порой решающую роль играют примеси или специально добавленные вещества в виде присадок или составляющих основу компонентов. В гораздо большей степени влияние примесей и специальных добавок проявляется в среде смесей углеводородов. Так, наличие сернистых соединений в углеводородных топливах определяют их коррозионные и экологические свойства, наличие кислородных соединений углеводородов во многом определяет термостабильность реактивных топлив, октановое число бензинов, противоионные свойства реактивных и дизельных топлив.

Таким образом, можно констатировать, что химмотология техники должна изучать зависимости конструкции двигателей, машин и механизмов от эксплуатационных свойств используемых ГСМ и научно обосновывать способы их наиболее эффективного использования.

Химмотология эксплуатации техники призвана изучать изменение эксплуатационных свойств ГСМ в процессе их транспортировки, хранения и заправки в технику и научно обосновывать технологии и конструкцию технических средств, обеспечивающих сохранение эксплуатационных свойств используемых ГСМ.

Химмотология ГСМ предназначена для изучения зависимости эксплуатационных свойств топлив, смазочных материалов и спецжидкостей от их состава и обоснования способов достижения наиболее высокого уровня этих свойств за счет изменения состава и использования новых технологий производства.

Следует учитывать, что все эти относящиеся к разным разделам

химмотологии вопросы взаимосвязаны, и их нельзя изолировать друг от друга. Многие вопросы имеют общий характер и их невозможно отнести строго к какому-то одному разделу. Тем не менее, по мнению автора с целью дальнейшего углубления в химмотологию было бы целесообразно и оправданно ввести в употребление указанные новые термины, и об этом уместно говорить здесь на конференции в высшем учебном заведении.

Развивающаяся еще без названия химмотология ГСМ в свое время дала толчок к выделению химмотологии в самостоятельную прикладную науку. Ею интенсивно занимаются исследователи ряда НИИ и ВУЗов нашей страны, в том числе присутствующие на данной конференции.

Химмотология эксплуатации техники, судя по публикациям, развивалась практически параллельно с развитием химмотологии ГСМ. В свое время одним из лидеров этого направления являлся КИИГА, а сейчас активно работает НАУ, и нужно выразить благодарность университету за организацию регулярного проведения конференций по химмотологии на международном уровне.

Если достижения химмотологии у разработчиков ГСМ и специалистов, занимающихся эксплуатацией техники, используются и развиваются весьма активно (разработаны методы и комплексы методов оценки эксплуатационных свойств ГСМ, устанавливаются зависимости состав-свойство ГСМ, разрабатываются технологические процессы получения ГСМ требуемого качества и его сохранения на пути от НИПЗ до потребителя), то этого пока нельзя сказать о разработчиках техники.

Хотя и в этой области были примеры эффективного комплексного подхода к созданию техники, когда одновременно во взаимосвязи разрабатывались новые образцы техники и топлива (МиГ-25 и Т-6, Ту-144 и азотированное топливо Т-8). Однако системного внедрения достижений химмотологии в разработку и производство новой техники пока не наблюдается.

Пользуясь тем, что на конференцию приглашены представители создателей и производителей техники, хотелось бы привлечь их внимание к целесообразности комплексного химмотологического решения конструкторских проблем.

Так, например, если разработчики поршневых двигателей с воспламенением от искры давно самостоятельно разрабатывают мероприятия по предотвращению детонации и системно поднимают требования к октановому числу бензинов, то разработку перспективных двигателей, например, работающих в режиме детонации, очевидно, было бы более эффективным проводить с активным участием химмотологов.

В заключение доклада приглашаю участников конференции к дискуссии по перспективам дальнейшего развития химмотологии, теории и практики этой прикладной науки, а также укрепления нашего химмотологического содружества.

УДК 665.7.035

Бойченко С. В.

Национальный авиационный университет, Украина

**ЗНАЧЕНИЕ И РОЛЬ ХИММОТОЛОГИИ
В КОМПЛЕКСНОЙ СИСТЕМЕ ЗНАНИЙ**

Истоки химмотологии датируются 1964 г.. Выделение химмотологии в самостоятельную прикладную науку консолидировало ученых и практиков машиностроительной, нефтеперерабатывающей и химической отраслей промышленности совместно с предприятиями, эксплуатирующими технику для решения химмотологических проблем.

За прошедшие годы химмотология как прикладная наука получила широкое научное и общественное признание. Результаты исследований были представлены: на Мировых нефтяных конгрессах (в 1967 г. – Мехико-Сити, 1971 г. – Москве, 1975 г. – Токио, 1979 г. – Бухаресте; на Менделеевских съездах по общей и прикладной химии; на химмотологических семинарах и конференциях в Москве, Ленинграде, Бердянске, Днепропетровске, Дрогобыче, Киеве, Челябинске, Ташкенте, Тбилиси.

В 1968 г. Правительством СССР было принято постановление об образовании Государственного научно-исследовательского института по химмотологии, в 1970 г. – о создании химмотологических центров в различных отраслях экономики, в 1984 г. об обязательном согласовании номенклатуры топлив, смазочных материалов и технических жидкостей с головной организацией по химмотологии – Государственным научно-исследовательским институтом по химмотологии (на базе 25 ГосНИИ МО РФ).

Одновременно в КИИГА (сегодня НАУ) с целью координации исследовательских работ и обсуждения их результатов было формализовано химмотологическое научное направление под научным руководством ректора **Александра Аксенова**. Таким образом был заложен фундамент научной химмотологической школы. Научными руководителями в школе были: доктора наук, профессора (Аксенов А. Ф., Никитин Г. А., Черненко Ж. С., Грохольский А. Л., Белянский В. П. и другие).

Были организованы отраслевые научно-исследовательские лаборатории и научные группы. Проводились научно-технические конференции, издавались тематические сборники научных статей.

С самого начала деятельность школы неразрывно связана с учебной работой. В 1968 г. была создана самостоятельная кафедра химии и технологии горюче-смазочных материалов. А уже через год – факультет горюче-смазочных материалов (заведующий кафедрой и первый декан – доцент **Алексей Литвинов**).

Созданная профессором Литвиновым А. А. выпускающая кафедра испытания и применения ГСМ готовила специалистов в области авиационной химмотологии. Результатом этого стало значительное повышение профессионального уровня системы контроля качества авиационных ГСМ. Наследницей этой кафедры сегодня является созданная в 2007 г. кафедра химмотологии.

Как любая сфера научно-практической деятельности химмотология опирается на определенные основы знаний, важной частью которых являются основные термины и понятия.

Определение и основные задачи любой науки отражены в справочниках и энциклопедиях. Исторический экскурс определения химмотологии показывает, что в 1964 г. Папок К. К. в своей статье впервые предложил использовать этот термин и определил науку как *“новую науку, изучающую химико- и физико-*

моторные и эксплуатационные свойства топлив, смазочных материалов и технических жидкостей и разрабатывающую пути рационального использования их в технике". В дальнейшем определение науки было уточнено как *"наука о свойствах, качестве и рациональном использовании топлив, смазочных материалов и технических жидкостей в технике"*. Позже определение науки получило следующее развитие и получило новую версию *"теория и практика рационального использования горючего и смазочных материалов"*. В 1985 г. в монографии соратников и учеников К. К. Папок химмотология была определена как *"прикладная наука об эксплуатационных свойствах, качестве и рациональном применении в технике топлив, масел, смазок и технических жидкостей"*. А в 2005 г. в обобщенном виде с учетом поздних публикаций дано более полное определение химмотологии, ее предмета, методов и задач. Это *«техническая прикладная наука о свойствах, качестве и рациональном применении топлив, смазочных материалов и технических жидкостей в технике»*.

По нашему мнению сегодня определение химмотологии требует уточнения. Поэтому нами предложена уточненная формулировка определения науки химмотологии. Это *"наука о технологических процессах, свойствах, качестве и методологии рационального использования топлив, масел, смазок и технических жидкостей при эксплуатации техники"*.

О роли химмотологии как прикладной науки свидетельствует важность решаемых ею задач: создание условий для обеспечения энергетической и экологической безопасности страны, рациональное применение традиционных и альтернативных топлив, смазочных материалов и технических жидкостей при эксплуатации современной и перспективной техники.

Теоретические основы химмотологии изложены в монографиях, учебниках, сборниках научных трудов, научных статьях.

По результатам анализа публикаций последних лет можно выделить три основных направления развития теоретических основ химмотологии:

- исследование локальных механизмов действия компонентов и присадок различного функционального назначения в ГСМ;
- поиски более общих закономерностей в химмотологии на основе использования фундаментальных законов физики, химии и других наук;
- исследования химмотологических процессов для прогнозирования поведения ГСМ в различных условиях эксплуатации техники.

Основными задачами химмотологии являются:

- оптимизация требований к качеству и составу топлив, смазочных материалов и технических жидкостей, их эксплуатационным свойствам с учетом запасов первичных источников энергии, достижений научно-технического прогресса в развитии техники, особенностей ее конструкции и условий эксплуатации, экологических и экономических требований;
- разработка рекомендаций по унификации, взаимозаменяемости и определение условий рационального и экономного использования топлив, смазочных материалов и технических жидкостей;
- совершенствование систем нефтепродуктообеспечения, управления качеством, при производстве, хранении, транспортировании и применении топлив, смазочных материалов и технических жидкостей;

- модернізація системи оцінки відповідності (сертифікація, випробування, допуск к виробництву і застосуванню), методів кваліфікаційних випробувань топлив, смазочних матеріалів і технічних рідин;
- гармонізація вітчизняних стандартів на методи випробувань топлив, смазочних матеріалів і технічних рідин з міжнародними;
- розробка нових високоєфективних образців топлив, смазочних матеріалів і технічних рідин, забезпечуючих покращення технічних і екологічних характеристик машин і механізмів;
- утилізація і переробка некондиційних і оброблених топлив, смазочних матеріалів і технічних рідин;
- обґрунтування організаційно-технічних заходів по збереженню якості і зменшенню втрат топлив, смазочних матеріалів і технічних рідин при зберіганні, перекачці і транспортуванні;
- розробка методів оцінки експлуатаційних властивостей і контролю якості ГСМ, а також утилізації оброблених, неликвідних і некондиційних ГСМ;
- удосконалення існуючих і розробка нових технологій одержання топлив, смазочних матеріалів і технічних рідин.

Процеси взаємозалежності і взаємодії ланок хімотологічної системи є головним **об'єктом досліджень** і **суттєвістю** хімотології.

Предметом досліджень хімотології є експлуатаційні властивості топлив, смазочних матеріалів і технічних рідин.

Основним науково-практичним завданням – раціональне використання топлив, масел, смазок і технічних рідин при експлуатації техніки.

Економічна сутність хімотології – досягнення максимальної економіки сировинних ресурсів, горюче-смазочних матеріалів і технічних рідин, через оптимізацію балансу, якості готових продуктів, раціональне і ефективне їх використання.

УДК 665.637

Братичак М. М., Червінський Т. І., Астахова О. Т., Гринишин О. Б.
Національний університет «Львівська політехніка», Україна

МОДИФІКАЦІЯ ОКИСНЕНИХ НАФТОВИХ БІТУМІВ НАФТОПОЛІМЕРНИМИ СМОЛАМИ

Нафтові бітуми, що одержують окисненням гудронів глибокою вакуумною перегонкою або іншими методами, не завжди відповідають вимогам, що ставляться до товарної продукції. Зокрема, бітуми, що сьогодні виготовляють на нафтопереробних заводах України, характеризуються недостатньою адгезією. Для покращення експлуатаційних властивостей товарних бітумів їх модифікують різними за природою полімерами.

У роботі вивчена можливість модифікації нафтових бітумів промисловими нафтополімерними смолами.

Процес модифікації бітумів здійснювали внаслідок сумісного окиснення гудрону та нафтополімерної смоли (НПС). Для досліджень був використаний

гудрон, виділений із нафт Західно-українських родовищ та відібраний на АТ «Нафтохімік Прикарпаття» (м. Надвірна, Івано-Франківської обл.). Як модифікатор вивчали промислову НПС «Піропласт-2» та темну і світлу НПС. Окиснення гудрону проводили на лабораторній установці, розробленій на кафедрі хімічної технології переробки нафти та газу НУ «Львівська політехніка», що складалася з реакторного блоку, системи подачі повітря і вузла охолодження та вловлювання летких продуктів окиснення. У модифікованому окисненому бітумі визначали дуктильність, пенетрацію, температуру розм'якшення за «КіК», показник «зчеплення зі склом» та вміст у ньому карбенів, карбоїдів, асфальтенів, нейтральних смол і олив.

У процесі дослідження вивчено вплив природи і кількості модифікатора, тривалості процесу і витрати повітря на властивості окиснених нафтових бітумів. Характеристика отриманих бітумів подана в табл. 1.

Встановлено (табл. 1), що найкращі характеристики проявляють бітуми, що містять добавки світлої та темної НПС. Кращі адгезійні властивості мають бітуми, модифіковані смолою «піропласт-2». Збільшення вмісту темної НПС у сировинній суміші приводить до зростання дуктильності бітумів та підвищення їх температури розм'якшення. Пенетрація бітумів, що характеризує їх твердість, при цьому зменшується.

Таблиця 1

Характеристика модифікованих окиснених бітумів

Вихідна сировина	Позначення бітуму	Тривалість, год.	Витрата пов., год ⁻¹	Характеристика бітумів			
				Пенетрація при 298 К ±0,1 мм	Дуктильність при 298 К, см	T _{розм.} , К	Показник «зчеплення з склом», %
Гудрон	–	–	–	188	13,3	313,5	–
Гудрон окис. Без НПС	ОБ	6	2,5	115	21,8	313,0	33,8
Гудрон + 5 % мас. піропласт-2	МОБ-1			124	27,6	324,0	61,4
Гудрон + 2,5%мас. темної НПС	МОБ-2			166	25,8	316,6	34,2
Гудрон + 5% мас. темної НПС	МОБ-3			137	34,2	324,0	47,6
Гудрон + 7% мас. темної НПС	МОБ-4			156	25,3	316,4	40,0
Гудрон + 5% мас. темної НПС	МОБ-5		2,0	185	24,0	315,0	31,9
Гудрон + 5% мас. темної НПС	МОБ-6		3,0	48	31,6	322,0	33,9
Гудрон + 5%	МОБ-7	9	2,5	92	38,0	318,4	74,8

мас. темної НПС						
Гудрон + 5% мас. темної НПС	МОБ-8	12		38	15,8	328,0
Гудрон + 5% мас. світлої НПС	МОБ-9	6		150	35,2	318,5
						77,1
						27,3

Примітка: температура процесу 523 К.

При збільшенні витрати повітря температура розм'якшення модифікованих бітумів за «КіК» зростає на невелику величину. Водночас, спостерігається збільшення значення дуктильності при суттєвому зменшенні penetraції. Значення показника «зчеплення зі склом» модифікованих бітумів при збільшенні витрати повітря, що подається на окиснення, зростає а отже і покращується адгезія бітумів до твердих поверхонь.

При збільшенні тривалості процесу окиснення (більше 6 годин) відбувається хімічне перетворення смол в асфальтени і тому зменшується величина дуктильності та адгезії окиснених у присутності НПС бітумів.

Для підтвердження отриманих результатів було проведено структурно-груповий аналіз окиснених бітумів (табл. 2).

Таблиця 2

Структурно-груповий склад модифікованих окиснених бітумів

Бітум	Вміст, % мас.				
	Карбени, карбоїди, механічні домішки	Асфальтени	Оливи	Смоли	Парафіни
ОБ	0,08	11,5	58,1	30,2	3,6
МОБ-1	0,02	15,5	56,8	27,6	5,5
МОБ-2	0,04	16,0	57,8	26,1	3,0
МОБ-3	0,07	17,4	58,0	24,5	4,5
МОБ-4	0,10	15,9	58,0	26,0	4,3
МОБ-5	відсутні	16,1	53,5	29,7	4,6
МОБ-6	0,03	24,7	48,2	27,0	4,4
МОБ-7	0,20	19,6	54,2	26,0	3,0
МОБ-8	0,20	21,6	50,7	27,0	3,5
МОБ-9	0,02	16,8	53,1	30,0	3,0

Табл. 2 підтверджує перехід олив у смоли і надалі у асфальтени, що дозволяє покращувати експлуатаційні характеристики отримуваних бітумів. Результати проведених досліджень підтверджують ефективність використання для модифікації нафтових бітумів промислових нафто-полімерних смол.

УДК 620.19

Романчук В. В., Топільницький П. І.
 Національний університет “Львівська політехніка”, Україна
Денисюк А. М.

ЗАХИСТ ОБЛАДНАННЯ ВІД КОРОЗІЇ НА ПАТ «УКРТАТНАФТА»

Під час видобування нафти постійними компонентами її складу є вода, механічні домішки, солі, пісок, глина. При наявності води в нафті, що надходить на переробку, порушується технологічний режим роботи установки, підвищується тиск в апаратах та знижується їх продуктивність, а також витрачається надлишкова кількість тепла на підігрів нафти.

Високий вміст солей в нафті призводить до зниження коефіцієнтів теплопередачі в теплообмінній апаратурі, обумовлює корозію обладнання, трубопроводів.

В основі процесів зневоднення та знесолення лежить процес деемульгування нафтових емульсій. При зневодненні деемульгуванню піддають вихідну заемульговану нафту, при знесоленні – штучну емульсію, яка утворюється при перемішуванні нафти з промивною водою.

Стійкість емульсії залежить від фізико-хімічних властивостей нафти, ступеня дисперсності, температури та часу існування емульсії.

У 2009 рік на ПАТ «Укртатнафта» було перероблено таку сировину:

- суміш нафт Східно-Українських родовищ;
- суміш нафт зарубіжних родовищ;
- пасткові нафтопродукти.

Вміст води в суміші нафт від 0,03 % до 0,87 % , хлористих солей від 7,69 до 106,88 мг/л, вміст води в пасткових нафтопродуктах Для видалення води і солей нафту знесолювали та зневоднювали на електрознесолюючих установках (ЕЛЗУ). Нафта інтенсивно змішувалась з водою в змішувачах, а емульсія води в нафті, що утворилась, руйнувалась та розшаровувалась в електродегідраторах. Для найбільш швидкого та повного руйнування нафтової емульсії її підігрівали з додаванням нафторозчинного деемульгатора ПМ-1441, що представляв собою оптимізовану композицію блокспівполімерів оксидів етилену та пропілену з розчинником. Витрата деемульгатора складала на ЕЛЗУ ГК-3/1 №2 – 0,018 кг/т нафти, на ЕЛЗУ-АВТ – 0,015 кг/т нафти.

Таблиця 1

Якість сирової нафти, що надходила на завод у 2009 р.
(середньорічні показники)

Нафта	Кількість переробленої нафти	Густина	Вміст		
			Хлористих солей	Води	Сірки
	тис.т	кг/м ³	мг/л	% об.	% мас.
Східно-Українських родовищ	2 064,0	855,5	11,84	0,03	0,78
Суміш зарубіжних нафт	1 134,0	844,1	39,35	0,39	0,61

У табл. 2 представлені дані лабораторного контролю якості сирової (суміш

українських, зарубіжних нафт та пасткового продукту) та знесоленої нафти у 2009 р. установки ЕЛЗУ ГК-3/1 №2.

Таблиця 2

Дані лабораторного контролю якості сирової та знесоленої нафти установки ЕЛЗУ ГК-3/1 №2 у 2009 рік

Нафта	Густина	pH	Хлориди	Вода
	кг/м ³		мг/л	% об.
Суміш нафт	842,1	6,85	15,07	0,31
Нафта знесолена на виході з установки	842,6	6,64	0,73	0,15

У табл. 3 представлені дані лабораторного контролю якості сирової (суміш українських, зарубіжних нафт та пасткового продукту) та знесоленої нафти у 2009 р. установки ЕЛЗУ-АВТ.

Таблиця 3

Дані лабораторного контролю якості сирової та знесоленої нафти установки ЕЛЗУ АВТ у 2009 рік

Нафта	Густина	pH	Хлориди	Вода
	кг/м ³		мг/л	% об.
Суміш нафт	848,5	6,59	16,41	0,08
Нафта знесолена на виході з установки	848,4	6,45	2,66	0,28

Вміст хлоридів у знесоленій нафті зменшився порівняно з 2008 роком:

2008 р. – 3,53 мг/л,

2009 р. – 2,66 мг/л.

У зв'язку з незакінченою реконструкцією електродегідраторів на ЕЛЗУ-АВТ, вміст води залишився практично на такому ж рівні порівняно з 2008 роком:

2008 р. – 0,3 % об.;

2009 р. – 0,28 % об.

З метою переведу кислих компонентів нафти (сірководню, хлороводню) в менш корозійно-небезпечні сполуки – солі, застосовують нейтралізацію сирової нафти. Для цього в знесолену нафту перед другою групою теплообмінників вводять розбавлений розчин гідроксиду натрію. Рекомендується вводити 0,5-2%-й розчин гідроксиду натрію з розрахунку не більше 12 г NaOH на 1 т нафти.

Для припинення гідролізу солей CaCl_2 та MgCl_2 в знесолену нафту на установку АВТ також подавали 1-2% розчин лугу по тракту «Нафта в колону К-1, К-1а».

Витрата лугу в 2009 р. порівняно з 2008 р. зменшилась в 1,3 рази.

Фактором зниження витрати лугу в 2009 р. було зменшення вмісту хлоридів у знесоленій нафті:

2008 г. – 3,52 мг/л;

2009 г. – 2,66 мг/л.

Наявність в нафті, яка поступає на переробку, хлоридів (як органічного, так і

неорганічного походження) та сполук сірки, їх гідроліз та розклад при первинній перегонці нафти призводять до корозії обладнання, головним чином, конденсаторів та холодильників.

Найбільш ефективні засоби боротьби з корозією конденсаційно-холодильного обладнання установок первинної переробки нафти є хіміко-технологічні заходи:

- використання нейтралізуючих сполук з основними властивостями;
- застосування ефективних плівкоутворюючих інгібіторів корозії, які захищають внутрішню поверхню обладнання від корозії.

На установці АТ-2 та АВТ в 2009 р. для зниження швидкості корозії конденсаційно-холодильного обладнання застосовувались:

- нейтралізатор – «Деол-3241» в кількості 2,0 г/т нафти;
- інгібітор корозії - «Деол-4241» в кількості 1,9 г/т нафти.

Нейтралізатор «Деол-3241» – оптимізована композиція, в склад якої входить циклогексиламін та розчинник. Інгібітор корозії «Деол-4241» – оптимізована композиція, в склад якої входять аміди поліаміннафтоєвих кислот та розчинник. Нейтралізатор та інгібітор були впроваджені після багаторічних лабораторних та дослідно-промислових випробовувань.

Якість технологічного конденсату рефлюксних ємностей Е-1, Е-2 установки АТ-2 ГК -3/1 №2 за 2009 рік представлені у табл. 4.

Таблиця 4

Середньорічні показники якості технологічного конденсату на АТ-2 у 2009 р.

Е-1				Е-2				
рН	Fe ⁺²	Cl ⁻	S ⁻²	рН	Fe ⁺²	Cl ⁻	S ⁻²	NH ₃
	мг/л	мг/л	мг/л		мг/л	мг/л	мг/л	мг/л
6,45	2,64	1,22	55,78	6,00	2,98	3,83	45,02	102,43

Фактична витрата реагентів в 2009 році порівняно з 2008 роком:

- інгібітора корозії – знизилась в 1,4 рази;
- нейтралізатора – знизилась в 1,1 рази, внаслідок зменшення кількості хлоридів в знесоленій нафті.

Якість технологічного конденсату рефлюксних ємностей Е-1, Е-2 установки АВТ за 2009 рік представлено у табл. 5.

Таблиця 5

Середньорічні показники якості технологічного конденсату на АВТ у 2009 р.

Е-1				Е-2				
рН	Fe ⁺²	Cl ⁻	S ⁻²	рН	Fe ⁺²	Cl ⁻	S ⁻²	NH ₃
	мг/л	мг/л	мг/л		мг/л	мг/л	мг/л	мг/л
5,64	2,02	1,25	16,49	5,89	2,40	5,33	43,17	106,57

За результатами промислових досліджень були зроблені наступні висновки:

1. Деемульгатор ПМ-1441 показав задовільні результати при зневодненні та знесоленні (вміст солей в знесоленій нафті – 0,15-2,66 мг/л, води – 0,15-0,28 %) при питомій витраті деемульгатора 0,015-0,018 кг/т.

2. Режим роботи електродегідраторів при застосуванні деемульгатора ПМ-1441 був стабільним, рівні розділу фаз підтримувались постійними.

3. Нейтралізатор Деол-3241 та інгібітор корозії Деол-4241 в кількості відповідно 2,0 г/т та 1,9 г/т нафти ефективно захищають поверну конденсаційно-холодильного обладнання та верху колон. Вміст йонів заліза та рН в технологічному конденсаті ємностей Е-1, Е-2 знаходились в межах нормативних показників (заліза до 3 мг/л, рівень рН Е-1, Е-2 – 5,64-5,89).

УДК 665.637

Червінський Т. І., Абд М. Ш., Гринишин О. Б.
Національний університет «Львівська політехніка», Україна

ВІДХОДИ ПІРОЛІЗУ ВУГЛЕВОДНІВ – ДЖЕРЕЛО МОДИФІКАТОРІВ НАФТОВИХ БІТУМІВ

Серед численних процесів нафтохімічної промисловості вагоме місце посідає піроліз вуглеводнів (бензину або дизельного палива) для одержання ненасичених вуглеводневих газів (етилен, пропілен тощо). Однак, окрім цільових продуктів у процесі піролізу вуглеводневої сировини утворюються побічні продукти, зокрема, важка піролізна смола та піроконденсат, вихід яких сягає значення до 30 % мас. та залежить від фракційного складу сировини й технологічних чинників процесу. Для утилізації цих відходів у промисловості запропоновано застосовувати їх для одержання нафтополімерних смол (НПС), що знайшли своє використання як заміники каніфолі у паперовій промисловості, додатки до друкарських фарб, у гумово-технічній промисловості тощо.

На кафедрі хімічної технології переробки нафти та газу НУ «Львівська політехніка» під керівництвом проф. Братичака М.М. розроблені методи одержання з фракції C_9 нафтополімерних смол з кінцевими епоксидними, гідроксильними, карбоксильними, пероксидними та флуорвмісними групами. Отримані нафтополімерні смоли з функціональними групами знаходять застосування як активні добавки для створення антикорозійних захисних покриттів та для покращення експлуатаційних характеристик промислових нафтових бітумів.

У роботі показана можливість модифікації вакуумного нафтового бітуму промисловими нефункційними та функційною флуорвмісною нафтополімерною смолою (НПСФ).

НПСФ отримували із вуглеводневої фракції C_9 кополімеризацією ненасичених сполук, що входять у її склад, з використанням як ініціатора процесу пероксидної похідної епоксидної смоли ЕД-24.

Модифікацію вакуумного бітуму нафтополімерними смолами здійснювали внаслідок їх сумісного окиснення за умов, наближених до промислових.

Вивчено вплив природи та кількості модифікатора у сировинній суміші, температури та тривалості процесу на експлуатаційні характеристики модифікованого нафтового бітуму.

Встановлено, що найкращі експлуатаційні характеристики модифікованого бітуму можуть бути досягнуті при сумісному окисненні бітуму з НПСФ у кількості 5 % мас. від завантаженої сировини за 250 °С та тривалості процесу 6 год.

Отримані результати проведених досліджень підтверджують доцільність модифікації нафтових бітумів НПС для покращення їх експлуатаційних характеристик.

УДК 621.891

Пивовар В. П., Курилюк Н. Я., Артеменко А. М.
10 Хімотологічний центр Міністерства оборони України, Україна

ВПЛИВ ДИЗЕЛЬНОГО ПАЛИВА НА ПРОТИЗНОСНІ ВЛАСТИВОСТІ МОТОРНИХ ОЛИВ

Підвищення ефективності експлуатації двигуна внутрішнього згорання (ДВЗ) супроводжується більш жорсткими режимами функціонування їх агрегатів і вузлів. У зв'язку з цим до оливи ставляться більш суворі вимоги. Як повноцінний і незамінний на сучасному етапі розвитку техніки конструктивний елемент, олива разом з іншими елементами ДВЗ забезпечує їх безвідмовну і довговічну роботу. Трибологи стверджують, що будь-яке відхилення в марці або якості оливи неминуче відображається на надійності автомобіля, особливо на її самому складному і високонавантаженому агрегаті – ДВЗ.

Спостереження за фактичним станом працюючих в ДВЗ моторних олив дозволяє стверджувати, що найбільшою причиною втрати оливою працездатності являється його забруднення паливом. Забруднення моторної оливи паливом (дизельним) призводить до погіршення його основних властивостей: нейтралізуючих (антиокиснювальних і антикорозійних) і в'язкісних.

Нейтралізуючі властивості оливи при забрудненні його паливом погіршуються під впливом важких фракцій палива. Експериментально доведено, що найбільш шкідливі фракції, що википають при температурах вище 340°С. При цьому легкі фракції під впливом температури робочого процесу ДВЗ випаровуються, а важкі накопичуються в оливі.

Внаслідок погіршення антиокиснювальних і антикорозійних властивостей оливи в 1,5 рази збільшується інтенсивність утворення розчинних в оливі продуктів і в 2 рази – нерозчинних, скорочується також в 2 рази індукційний період утворення осаду. Такі зміни якості оливи призводять до інтенсивнішого його старіння, скорочення терміну служби масляних фільтрів, підвищенню забрудненості деталей лаковідкладеннями і нагаром і обумовлюють закоксованість поршневих кілець.

Зниження в'язкості оливи при забрудненні його паливом наводить до істотного посилювання умов тертя і відповідного підвищення інтенсивності зношування

робочих поверхонь. При зниженні в'язкості оливи на один клас інтенсивність зношування збільшується в 2–3 рази. Проте це було встановлено при дослідженнях олив попереднього покоління.

Вплив палива[пального] на протизносні властивості сучасних моторних олив досліджували із застосуванням чотирьохкулькової машини тертя ЧМТ-1, що забезпечує відтворення нормованих дій (осьового навантаження, фіксованій швидкості обертання і так далі) на випробувальні зразки, що знаходяться у випробовуваному змащувальному матеріалі.

ЧМТ-1 – вузол тертя, що представляє собою піраміду із чотирьох контактуючих один з одним сталних кульок. Три нижні кульки закріплюють нерухомо в чашці з дослідним мастильним матеріалом. Верхня кулька, закріплений в шпинделі машини, який обертається відносно трьох нижніх під заданим навантаженням з частотою обертання (1460 ± 70) хв-1. Прокручення кульок в процесі дослідження не допускається.

У даній роботі було проведено дослідження моторних олив з метою оцінки одного з протизносних властивостей – індекс задиру, Із.

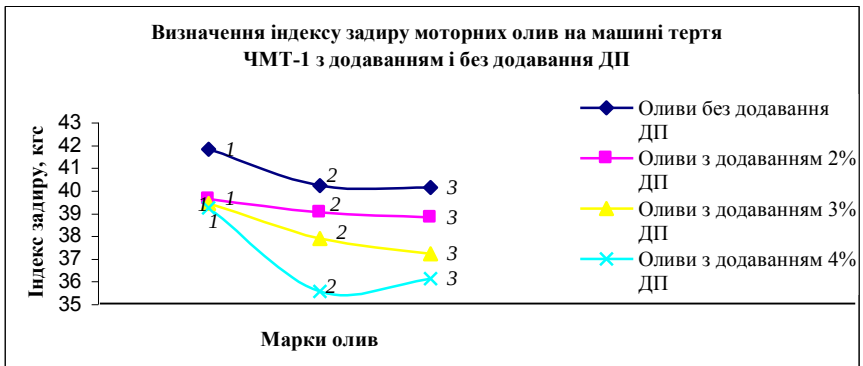
Індексом задиру вважають безрозмірну величину, обчислену за результатами виміру зносу кульок від початкового навантаження до навантаження зварювання.

Випробовували моторні оливи для дизельних двигунів 3-х типів олив з додаванням і без додавання палива:

1. Синтетична олива: Delphi 5W-40;
2. Напівсинтетична олива: GaLaxis Diesel 10W-40;
3. Мінеральна олива: Q 8 T 860 SAE 15W-40.

З метою перевірки впливу ДП на протизносні властивості моторних олив в кожному з 3-х типів олив додавали ДП в різних кількостях: 2%, 3% і 4%.

Протизносні властивості синтетичних олив істотно нижчі, ніж для мінеральних і напівсинтетичних. Мінеральні і напівсинтетичні оливи забезпечують приблизно однакові протизносні властивості. Розглянемо графік на якому показано як змінюється індекс задиру від типу моторних олив без додавання та з додаванням ДП.



Забруднення оливи ДП призводить до його розбавлення і, відповідно,

втрачається опір в зонах, які особливо підчинені навантаженням, таким, як втулка, шатуни, кулачки і штовхачі клапанів, що зношуються швидше.

Моторні оливи при додаванні 2%, 3% і 4% (як видно з графіку) втратили частково працездатність, що стає причиною підвищеного зносу поверхонь тертя деталей та обумовлює передчасне вичерпання технічного ресурсу двигуна.

Дизельне паливо, яке попало в оливу двигуна, також змінює маслянистість оливи, що веде до погіршення змащування циліндрів і, відповідно до передчасного зношування поршневих кілець. Це явище особливо шкідливо діє при запуску двигуна в холодному стані. Чим більше в моторну оливу потрапляє ДП тим індекс задиру зменшується, що характеризує здатність змащувального матеріалу знижувати пошкодження поверхонь, що труться, із-за задиру.

Таким чином, ДП, що потрапило в моторну оливу, здатне привести до повної втрати його основних службових властивостей і в результаті – до дуже швидкого вичерпання технічного ресурсу ДВЗ. Дизельне паливо не випаровується в міру підвищення температури двигуна, кожне нове попадання в двигун підвищує його кількість в оливі і заподіює в результаті істотну шкоду. Щоб забезпечити раціональне використання технічного ресурсу, закладеного при проектуванні і виготовленні ДВЗ, доцільно під час експлуатації двигуна не допускати в моторних оливах концентрації ДП більше 3%.

УДК 621.43.019.2

Бармин В. А., Кухарёнок Г. М.

Белорусский национальный технический университет, Республика Беларусь

ПРИНЦИПЫ УПРАВЛЕНИЯ И КРИТЕРИИ УПРАВЛЯЕМОСТИ ПРОЦЕССОМ ВПРЫСКА ТОПЛИВА В ДИЗЕЛЕ

Результаты парной оценки влияния параметров на показатели цикла позволили выявить степень воздействия того, или иного параметра на развитие процессов выгорания топлива в цилиндре дизеля и сформулировать принципы управления характеристиками впрыска топлива, включающие в себя три основных положения:

- изменение продолжительности подачи топлива $\varphi_{\text{впр}}$, оказывает управляющее воздействие на скорость и продолжительность выгорания топлива, что определяет величины мощностных и экономических показателей дизеля, токсичность выхлопа и шумность его работы. Для двухфазного закона действительная продолжительность подачи топлива равна сумме длительностей первой и второй фаз ($\varphi_1 + \varphi_2$);

- изменение интенсивности топливоподачи в начальной фазе протекания этого процесса, управляет количеством топлива, поданного в цилиндр дизеля за период задержки воспламенения, что определяет начальную скорость выгорания топлива и, как следствие, динамические показатели дизеля. Параметрами, определяющими интенсивность топливоподачи в начале процесса впрыска, являются:

для трапецевидного закона топливоподачи:

- длительность периода подъёма иглы распылителя (φ_{-});
 - показатель степени n , характеризующий изменение расходных характеристик распылителя в период движения иглы, для ступенчатого закона топливоподачи:
 - длительность подъёма иглы распылителя до первого квазистатического положения (φ_{-1});
 - показатель степени $n_{п}$, характеризующий изменение расходных характеристик распылителя в период движения иглы до первого квазистатического положения;
 - продолжительность нахождения иглы распылителя в первом квазистатическом положении (φ_{χ});
 - расходные характеристики распылителя при нахождении иглы в первом квазистатическом положении, характеризуемые параметром K ;
 - длительность подъёма иглы распылителя до второго квазистатического положения φ_{-2} ;
 - показатель степени $n_{з}$, характеризующий изменение расходных характеристик распылителя в период движения иглы до второго квазистатического положения;
- для двухфазного закона топливоподачи:
- длительность протекания первой фазы φ_1 ;
 - расходные характеристики распылителя при нахождении иглы в квазистатическом положении, характеризуемые параметром K ;
 - длительность паузы между фазами φ_0 .
 - изменение начала процесса топливоподачи, позволяет управлять началом процесса сгорания и скоростью выгорания топлива, что оказывает значительное влияние на экологические показатели. Параметром, определяющим начало процесса топливоподачи, является угол опережения впрыскивания топлива (Θ).
- Значения параметров, определяющих закон топливоподачи, который обеспечивает достижение оптимальных показателей цикла, приведены в табл. 1.

Таблица 1

Параметры законов топливоподачи

Параметры	Индикаторные показатели			
	P_i , МПа	$g_{i,}$, г/кВт*ч	P_z , МПа	T_{max} , К
1	2	3	4	5
Трапецевидный закон				
$\varphi_{впр}$, град ПКВ	18	18	26	20
φ_{-} , град ПКВ	1	1	3	5
N	0,2	0,2	3	5
Θ , град ПКВ	17	17	16	17
Ступенчатый закон				
$\varphi_{впр}$, град ПКВ	18	18	18	20
φ_{-1} , град ПКВ	0,25	0,25	1	1
$n_{п}$	0,25	0,25	4	0,4
φ_{χ}	10	10	5	4

К	3	3	1	0,6
φ_{-2} , град ПКВ	0,25	0,25	4	5
n_3	0,25	0,25	3	3
Θ , град ПКВ	12	12	11	17
Двухфазный впрыск топлива				
φ_1 , град ПКВ	3	3	4	5
φ_2 , град ПКВ	18	18	18	18
φ_0 , град ПКВ	4	4	3	9
К	0,2	0,2	4	1
Θ , град ПКВ	348	348	342	336

Управление процессом топливоподачи предполагает определенные цели. В соответствии с целями управления необходимо различать и критерии управляемости процесса топливоподачи: глобальный и локальные. Глобальный критерий управляемости процессом топливоподачи носит смысл меры соответствия реального закона топливоподачи оптимальному. С помощью локальных критериев управляемости оценивается соответствие отдельных параметров своим оптимальным значениям. Полная управляемость процесса топливоподачи едва ли возможна из-за наличия локальных критериев, а также ограничений, накладываемых условиями разработки, производства и эксплуатации дизеля. Одним из способов оценки эффективности методов управления является система последовательной субуправляемости. При этой системе комплексный критерий образуется обобщением частных критериев, например, их суммированием с предварительным умножением на приоритетные коэффициенты, установленные по результатам расчетно-экспериментальных исследований, по экспертным оценкам или по данным технического задания на разработку дизеля.

Номенклатура частных критериев управляемости процессом топливоподачи определяется выбранным типом закона топливоподачи. Для трапециевидного закона топливоподачи частными критериями управляемости являются: продолжительность процесса топливоподачи $K_{\varphi_{\text{впр}}}$; продолжительность подъема иглы распылителя K_{φ_-} ; показатель степени K_{n_3} ; угол опережения впрыскивания топлива K_{Θ} .

Для ступенчатого закона топливоподачи количество критериев возрастает и имеет следующий перечень: продолжительность процесса топливоподачи $K_{\varphi_{\text{впр}}}$; длительность подъема иглы распылителя до первого квазистатического положения $K_{\varphi_{-1}}$; показатель степени, характеризующий изменение расходных характеристик распылителя в период движения иглы до первого квазистатического положения K_{n_1} ; продолжительность нахождения иглы распылителя в первом квазистатическом положении K_{φ_1} ; расходные характеристики распылителя при нахождении иглы в первом квазистатическом положении K_K ; длительность подъема иглы распылителя до второго

квазистатического положения $K_{\varphi_{-2}}$; показатель степени, характеризующий изменение расходных характеристик распылителя в период движения иглы до второго квазистатического положения K_{n_1} ; угол опережения впрыскивания топлива K_{Θ} .

Частные критерии двухфазного впрыска топлива определены группой параметров, устанавливающих интенсивность и своевременность впрыскивания топлива, а также распределение цикловой подачи топлива между фазами. К этой группе относятся продолжительности протекания первой и второй фаз и паузы между фазами, и имеют соответствующую символьную идентификацию: $K_{\varphi_1}, K_{\varphi_2}, K_{\varphi_0}$. Своевременность подачи топлива определяется величиной угла опережения впрыскивания топлива, имеющей соответствующий частный критерий K_{Θ} . Эффективность распределения топлива между фазами, оценивается частным критерием K_K .

Частные критерии управляемости в общем случае могут быть выражены зависимостью:

$$K(i) = \frac{i_{\text{опт}} - i}{i_{\text{опт}}}, \quad (1)$$

где $i, i_{\text{опт}}$ – параметр процесса топливоподачи и его оптимальное значение.

При формировании комплексного критерия управляемости процесса топливоподачи необходимо учесть различную важность частных критериев, что осуществимо с помощью приоритетных коэффициентов b . Поскольку при оценке эффективности метода управления процессом сгорания ищется единственное значение комплексного критерия управляемости, то приоритетные коэффициенты для частных критериев могут быть заданы конкретно, либо определены расчетно-экспериментальным путем. Учитывая вышеизложенное, комплексный критерий управляемости процесса топливоподачи, осуществляемого по трапецевидному закону можно представить в виде:

$$K = \sum_{i=1}^4 b_i \cdot K_i = b_{\varphi_{\text{впр}}} \cdot K_{\varphi_{\text{впр}}} + b_{\varphi_{-}} \cdot K_{\varphi_{-}} + b_n \cdot K_n + b_{\Theta} \cdot K_{\Theta} \quad (2)$$

Для процесса топливоподачи, осуществляемому по ступенчатому закону, комплексный критерий управляемости определяется из выражения:

$$K = \sum_{i=1}^8 b_i \cdot K_i = b_{\varphi_{\text{впр}}} \cdot K_{\varphi_{\text{впр}}} + b_{\varphi_{-1}} \cdot K_{\varphi_{-1}} + b_{n_n} \cdot K_{n_n} + b_{\varphi_x} \cdot K_{\varphi_x} + b_K \cdot K_K + b_{\varphi_{-2}} \cdot K_{\varphi_{-2}} + b_{n_{\varphi}} \cdot K_{n_{\varphi}} + b_{\Theta} \cdot K_{\Theta} \quad (3)$$

Комплексный критерий для двухфазного закона топливоподачи будет определяться по зависимости:

$$K = \sum_{i=1}^5 b_i \cdot K_i = b_{\varphi_1} \cdot K_{\varphi_1} + b_{\varphi_2} \cdot K_{\varphi_2} + b_K \cdot K_K + b_{\varphi_0} \cdot K_{\varphi_0} + b_{\Theta} \cdot K_{\Theta} \quad (4)$$

При определении комплексного критерия наибольшие трудности имеют

место при установлении приоритетных коэффициентов. Одним из способов их установления является оценка относительного влияния параметров процесса топливоподачи на показатели рабочего цикла дизеля. В качестве основных оценочных показателей рабочего цикла используют удельный индикаторный расход топлива, максимальное давление цикла, среднее индикаторное давление и максимальную температуру цикла. Определение приоритетных коэффициентов производят по выражению:

$$b_i = \frac{\overline{\Delta I_K}}{\Delta i_K}, \quad (5)$$

где $\overline{\Delta I_K}$ – изменение относительного k -го основного оценочного показателя рабочего цикла; Δi_K – изменения относительного k -го параметра топливоподачи.

Для определения приоритетных коэффициентов используются графические зависимости изменения относительного k -го параметра топливоподачи как функции изменения относительного основного оценочного показателя рабочего цикла. Например, на графиках представляются зависимости изменения относительных параметров процесса топливоподачи, осуществляемого по трапецевидному закону как функций приведенных значений удельного индикаторного расхода топлива, среднего индикаторного давления, максимальных давления и температуры цикла. Приведение осуществляется посредством отношения текущих значений индикаторных показателей цикла к соответствующей величине, принятой за оптимальную величину. Приведение параметров процесса топливоподачи осуществляется посредством отношения текущих значений параметров процесса топливоподачи к соответствующим значениям, обеспечивающим получение оптимальных значений индикаторных показателей.

Определение оптимальных законов топливоподачи осуществляется методом экспертных оценок и отличается подходами к выбору оптимального закона топливоподачи, обусловленными различными требованиями к параметрам цикла, достижение оптимальных значений которых одновременно не возможно. Для мощностных и экономических показателей цикла это параметры закона топливоподачи, обеспечивающие максимальные значения среднего индикаторного давления и минимальный удельный индикаторный расход топлива. Для динамических показателей определение оптимального закона топливоподачи заключается в нахождении, таких параметров закона топливоподачи, при которых обеспечивалось бы развитие процессов сгорания таким образом, что при достижении требуемых значений тепловой и механической нагруженности двигателя, показатели мощности и экономичности дизеля были бы максимальными.

Последующая обработка зависимостей позволяет определить величину приоритетных коэффициентов для различных законов топливоподачи и свести их в таблицы, с помощью которых в дальнейшем можно выбрать оптимальный закон управления топливоподачей в дизеле.

Ранский А. П., Гордиенко О. А., Евсеева М. В.
Винницкий национальный технический университет, Украина

Диденко Н. А.
Винницкий национальный медицинский университет, Украина

Панасюк А. Г.
Украинский государственный химико-технологический университет, Украина

ТИОАМИДЫ И ИХ КОМПЛЕКСНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ КАК ПРИСАДКИ К СМАЗОЧНЫМ МАТЕРИАЛАМ

Нефтяные масла не в состоянии удовлетворить все требования, предъявляемые к узлам трения современного высокопроизводительного оборудования. Вводимые в базовые масла органические и металлоорганические присадки существенно улучшают основные характеристики смазочных материалов.

Ранее нами разработаны смазочные композиции, состоящие из базового масла и присадок, в состав которых входили тиамиды или их комплексные соединения, растворенные в органических растворителях различной природы (RON , $\text{RC}(=\text{O})\text{OR}'$, ДМФА).

Испытания противоизносных и антифрикционных свойств тиамидов и их медных(II), никелевых(II), кобальтовых(II, III) и цинковых(II) комплексов проводили с использованием машины трения, аналогичной СМЦ-2 с парой трения “колодка-ролик” со скоростью 1,5 м/с пути трения $5 \cdot 10^3$ м. Материал ролика – сталь 40Х, колодки – бронза БрАЖ 9-4. Коэффициент взаимного перекрытия равнялся 0,13. Начальная шероховатость 0,30 – 0,62 мкм для стального образца и 0,62–0,80 мкм – для бронзового. При исследовании износ фиксировали весовым методом на аналитических весах 2 класса точности типа ВЛА-200 по ГОСТ 24104-80. Температуру в зоне трения измеряли хромель-копелевой термопарой, а силу трения – с помощью тепзобалки.

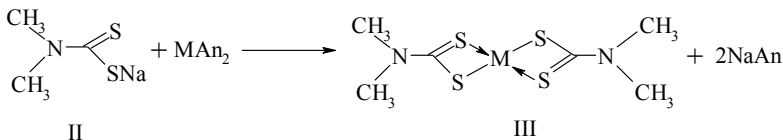
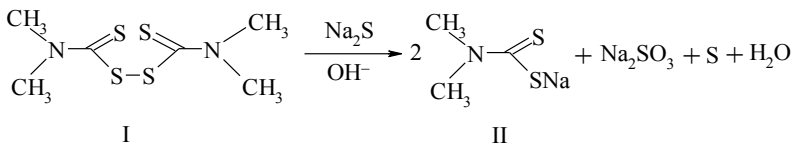
Существенное улучшение трибохимических характеристик исследованной пары трения объясняли реализацией эффекта избирательного переноса или адсорбционными свойствами применяемых тиамидов различного замещения.

Исследование различных смазочных композиций, оптимизация их состава позволила повысить нагрузочные свойства базовых масел в 1,6–2,0 раза. Износостойкость исследуемой пары трения “бронза – сталь” повысились в 3–4 раза, а антифрикционные свойства улучшились в 2–3 раза по сравнению с исследованными базовыми маслами.

**Ранский А. П., Гордиенко О. А., Прокопчук С. П.,
Гаврилюк М. А., Петрук Р. В.**
Винницкий национальный технический университет, Украина

ДИТИОКАРБАМАТЫ И ИХ КОМПЛЕКСНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ КАК ПРИСАДКИ К СМАЗОЧНЫМ МАТЕРИАЛАМ

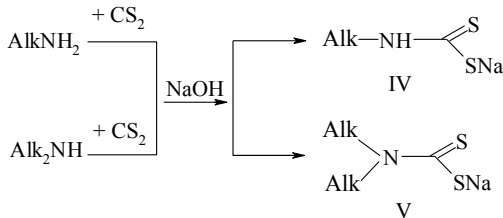
Ранее установлено эффективное использование дитиокарбаматов (тиурамов) и их металл-хелатов в качестве вулканизационных агентов в ненасыщенных каучуках полиизопренового ряда или присадок к различным маслам. Дитиокарбаматы и их металл-хелаты получали реагентной переработкой непригодных к целевому использованию пестицидных препаратов Тиурам и Фентиурам по схеме:



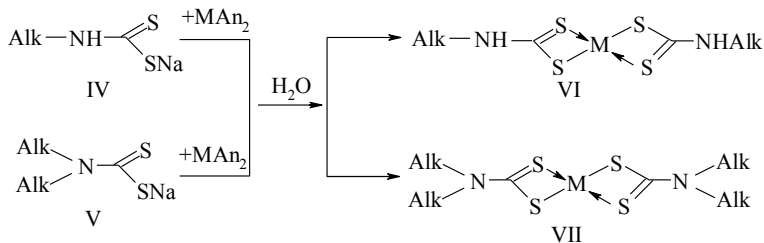
где $M^{2+} = \text{Co, Cu, Zn, Ni, Fe}$

$$M^{3+} = \text{Co, Fe}$$
$$\text{An} = \text{Cl}_2, \text{NO}_3, 1/2\text{SO}_4$$

Другая схема получения дитиокарбаматов и их металл-хелатов включает переработку бензольной фракции коксохимического производства, которая содержит высокотоксичный сероуглерод:



При этом в качестве исходных компонентов используют доступные алкил- или диалкиламины, а реакцию проводят в щелочной среде. Образующиеся натриевые соли алкил- или диалкилдитиокарбаминовой кислоты легко хелатируются водными растворами солей по схеме:



где $\text{M}^{2+} = \text{Co}, \text{Cu}, \text{Zn}, \text{Ni}, \text{Fe}$

$\text{M}^{3+} = \text{Co}, \text{Fe}$

$\text{An} = \text{Cl}, \text{NO}_3, 1/2\text{SO}_4$

Смазочные композиции на основе масла И-40 исследовались на машине трение СМЦ-2 в паре трения «бронза-сталь». Полученные при этом результаты по противоизносным и антифрикционным свойствам сравнивались с «чистым» маслом И-40. Установлено, что положительные характеристики смазочных композиций зависят от природы металла и прочности металл-хелатного узла MS_4 . Разница в полученных результатах еще существеннее при нагружении в 12 и 16 МПа. При этом исследованные смазочные композиции по убыванию нагрузочных характеристик расположились в следующий ряд:

$[(\text{CH}_3)_2\text{NC}(=\text{S})\text{S}]_2\text{Me} > \text{TMTD} > \text{«чистое» масло И-40}$

Таким образом, можно констатировать, что получаемые из вторичного сырья промышленных производств дитиокарбаматы и их металл-хелаты являются перспективными присадками к индустриальным маслам, повышающими их противоизносные и антифрикционные свойства.

УДК 663.911/013:621.311

**Ранский А. П., Пелишенко С. В.,
Звездецкая Н. С., Панченко Т. И.**

Винницкий национальный технический университет, Украина

Семенов В. Г.

Национальный технический университет «ХПИ», Украина

КОМПЛЕКСНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВТОРИЧНОГО СЫРЬЯ СПИРТОВЫХ ПРОИЗВОДСТВ УКРАИНЫ

Ранее нами проведены исследования возможного рационального использования вторичного сырья ГП «Немировский спиртовой завод» (г. Немиров). Переработке подвергалась сивушная фракция (смесь спиртов $\text{C}_2\text{-C}_5$) и спиртовая барда после брагоректификационного отделения. Основные технологические переделы комплексного использования вторичного сырья спиртовых производств приведены на рис. 1.

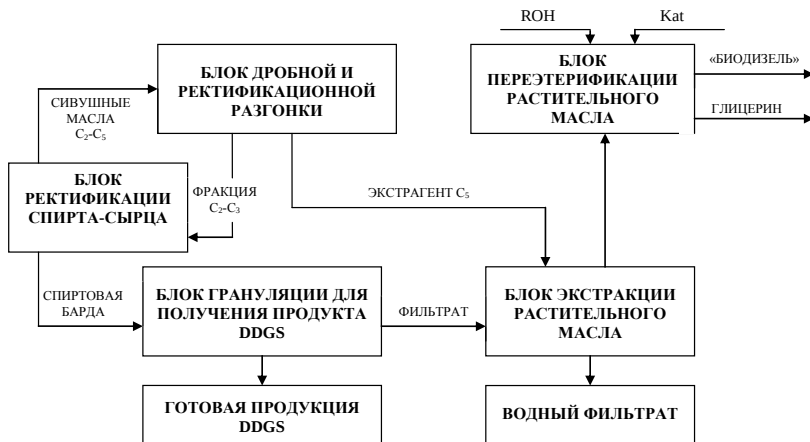


Рис. 1. – Принципиальная технологическая схема получения альтернативного топлива к дизельным двигателям внутреннего сгорания («Биодизель»)

При этом в результате дробной и ректификационной перегонки сивушной фракции была выделена спиртовая фракция пропиловый спирт – i-амиловый спирт с содержанием последнего 90–92 % объемных. Полученный экстрагент C₅ использовали при извлечении кукурузного масла из спиртовой барды.

Последняя стадия получения альтернативного топлива для дизельных двигателей внутреннего сгорания («Биодизель») включала реакцию переестерификации растительного масла низшими спиртами C₁–C₂ в присутствии щелочных катализаторов (NaOH, KOH).

Полученные результаты указывают на перспективность данных разработок по более рациональному использованию органического вторичного сырья и по улучшению общей экологической обстановки на спиртовых производствах Украины.

УДК 665.73.038

Калинина М. В., Митусова Т. Н.
ОАО «ВНИИ НП», Российская Федерация

ПРОИЗВОДСТВО ДИЗЕЛЬНЫХ ТОПЛИВ В РОССИИ

Техническая политика российских нефтяных компаний направлена на организацию производства современных дизельных топлив ЕВРО-3, ЕВРО-4 и ЕВРО-5, что обусловлено, с одной стороны, требованиями инопокупателей (50% вырабатываемого дизельного топлива поставляется на экспорт), а также техническим регламентом «О требованиях к автомобильному и авиационному бензину, дизельному и судовому топливу, топливу для реактивных двигателей и топочному мазуту».

Дизельное топливо с содержанием серы 0,2% (объем его производства составляет 53,6% от общей выработки дизельного топлива), исходя из требований регламента, должно применяться только в сельскохозяйственной и внедорожной технике, и разрешено к выпуску в оборот до 3 сентября 2011 г. Топливо с содержанием серы 0,05% разрешено к выпуску до 31.12.2011г.

В дальнейшем должно применяться только топливо по ГОСТ Р 52368 «Топливо дизельное ЕВРО», в котором содержание серы до 350 мг/кг будет существовать до 31 декабря 2011г., а 50 мг/кг – до 31 декабря 2014 г. У дизельного топлива с содержанием серы 10 мг/кг – срок выпуска в оборот не ограничен.

Таким образом, в 2012 году нефтеперерабатывающая промышленность должна будет вырабатывать дизельное топливо с содержанием серы 10 и 50 мг/кг (табл.1).

Таблица 1

Соответствие требований ГОСТ Р 52368 по содержанию серы экологическим классам

Экологический класс	Содержание серы, мг/кг	Выпуск в оборот дизельного топлива
3	350	До 31.12.2011
4	50	До 31.12.2014
5	10	Не ограничен

В настоящее время дизельное топливо ЕВРО-5 вырабатывают 6 заводов, ЕВРО-4 – 9 НПЗ, ЕВРО-3 – 14 НПЗ. В табл. 2 представлены данные по производству низкосернистых дизельных топлив в 2009 году в России.

Таблица 2

Производство дизельного топлива в зависимости от содержания серы в 2009г.

Содержание серы, % масс.	Объем производства, тыс. т.
0,035 (ЕВРО-3)	2 895,9
0,005 (ЕВРО-4)	2 938,2
0,001 (ЕВРО-5)	8 656,9

Вместе с тем, согласно прогнозу развития автомобильной техники, парк автомобилей с дизельными двигателями состоит из техники, находящейся в эксплуатации более 10-15 лет и требующей топливо с содержанием серы 0,2%. Даже в 2015г. останется потребность в топливе с содержанием серы до 0,2%: по грузовым – 14% парка, по автобусам – около 40% и легковым – 10% от парка автомобилей.

Кроме ГОСТ Р 52368 и ГОСТ 305 в России существует множество нормативных документов. Ассортимент дизельных топлив настолько разнообразен, что зачастую потребителю очень сложно выбрать тот или иной вид топлива. Количество нормативных документов: технических условий (ТУ), стандартов организаций (СТО) столь велико, что вызывает сомнения даже у квалифицированных специалистов. Причиной этого является закон «О

техническом регулировании», согласно которому любой человек или организация могут создать и зарегистрировать ТУ или СТО, при этом согласования с разработчиками техники, на которой будет использоваться топливо, не требуется.

ОАО «ВНИИ НП», являясь разработчиком основных нормативных документов, по которым изготавливаются топлива на нефтеперерабатывающих заводах, всегда согласовывает их со всеми заинтересованными организациями.

Разрабатывая свои нормативные документы, фирмы, как правило, предусматривают отступления от требований стандартов.

Так, СТО крупной нефтяной компании на зимнее дизельное топливо имеют отступления от ГОСТ Р 52368 по 2-м показателям качества:

Показатель	СТО	ГОСТ Р 52368
- температура вспышки, °С	Не ниже 40	Не ниже 55
- фракционный состав, до 180°С перегоняется, % об.	Не более 35	Не более 10

Теоретически, это топливо соответствует требованиям Регламента и рекомендовано к применению в дизелях, соответствующих требованиям ЕВРО – 3, 4, 5. Однако конструкция топливоподающей системы этих двигателей рассчитана на дизельное топливо с ограничением содержания в нем тяжелых бензиновых фракций, поэтому европейский стандарт EN 590 и российский ГОСТ Р 52368 устанавливают ограничения: до 180°С перегоняется не более 10%. Использование топлива с отступлением от этих требований в дизелях приведет к созданию паровых пробок, нарушению топливоподдачи к насосу высокого давления, перебоям в работе двигателя вплоть до его полной остановки.

Таким образом, применять дизельное топливо по таким СТО в дизелях ЕВРО – 3, 4, 5 нельзя.

Нередко, создавая свои ТУ и СТО на дизельные топлива с депрессорными присадками, разработчик умышленно не нормирует температуру помутнения топлива, указывая лишь предельную температуру фильтруемости, тем самым вводя в заблуждение потребителя относительно температуры применения топлива.

Как известно, без применения специальных присадок, прежде всего, противоизносных, невозможно изготовить дизельное топливо ЕВРО.

Впервые противоизносные присадки были допущены к применению в 2001 году к экологически чистым дизельным топливам. С введением в действие стандартов на дизельное топливо ЕВРО потребность в противоизносных присадках возросла.

В табл. 3 приведены данные по противоизносным присадкам, допущенным к применению в дизельных топливах ЕВРО.

Таблица 3

Противоизносные присадки, допущенные к применению в дизельных топливах ЕВРО

Присадки	Количество НПЗ, на которых разрешено применение присадки
Dodilube 4940 ф. Clariant	17

Kerokorr LA 99C ф. BASF	9
LZ 539M ф. Lubrizol	5
Infineum R 690 ф. Zenteum	1
Hitec 4140 ф. Afton	2
PC-32 ф.Total	1
Каскад-5 ООО «Пластнефтехим»	3*
Байкат ОАО «АЗКиОС»	3*

* - временно на 1 год

С установлением Техническим регламентом требований по содержанию серы в дизельных топливах (не более 0,05%) в ГОСТ 305-82 установлены нормы по смазывающей способности – не более 460 мкм, что повлекло за собой введение противоизносных присадок в дизельное топливо по ГОСТ 305.

В табл. 4 представлены данные по противоизносным присадкам, допущенным к применению в дизельных топливах по ГОСТ 305.

Таблица 4

Противоизносные присадки, допущенные к применению в
дизельных топливах по ГОСТ 305

Присадки	Количество НПЗ, на которых разрешено применение присадки
Dodilube 4940 ф. Clariant	9
Kerokorr LA 99C ф. BASF	5
Hitec 4140 Аф. Afton	1
Байкат ОАО «АЗКиОС»	5
Каскад-5 ООО «Пластнефтехим»	4*

* - временно на 1 год

В основном это зарубежные присадки, но в последнее время активизировались и отечественные разработчики: ОАО «АЗКиОС» и ООО «Пластнефтехим».

Кроме высокой функциональной эффективности противоизносные присадки должны удовлетворять требованиям, определяющим возможность их применения в условиях эксплуатации.

В Евросоюзе одним из требований к смазывающим присадкам, предъявляемых производителями дизельных топлив, является проверка их на предмет отсутствия нежелательных побочных эффектов и совместимость с другими функциональными присадками.

Все противоизносные присадки должны соответствовать критериям безопасности Протокола DGMK 531-1 «Каталог критериев тестирования смазывающих присадок в дизельных топливах для применения на нефтеперерабатывающих заводах». Перечень допущенных присадок – «Список безопасности» для смазывающих присадок («no-harm» - Liste Fur Lubricity-Additive) составляется компанией Deutsche BP (BP Oil Marketing GfT/Aral Forschung). Она является ответственной за ведение и постоянное обновление «Списков безопасности» (последнее действующее издание от 15.09.2009г). Все используемые в России зарубежные присадки внесены в «Список безопасности».

Кроме тестов DGMK 531-1 большинство производителей смазывающих присадок проводят дополнительные тесты, в частности стендовые моторные испытания на закоксовывание распылителей форсунок, взаимодействие с эластомерами, пенообразование, окислительную стабильность и др.

Столь пристальное внимание к противоизносным присадкам связано с их химической природой – талловыми маслами.

Последние имеют различный состав, в зависимости от породы деревьев, из которых их получают, и отличаются по кислотному числу (от 96 до 155 мг КОН/г) и содержанию смоляных кислот (от 5 до 50%).

Смоляные кислоты – это природные карбоновые кислоты, главным образом фенантренового ряда общей формулы $C_{19}H_{27-31}COOH$ с молекулярной массой ок. 300.

Содержание	Из хвойных пород	Из смеси хвойных и лиственных пород	Из лиственных пород с небольшой примесью хвойных
- смоляных кислот, %	40-50	18-22	5-12
- кислотное число, мг КОН/г	150-155	120-125	96-110
- плотность, кг/м ³	994-1001	950-955	960-965

За рубежом наличие смоляных кислот в противоизносной присадке регламентируется технологией ее получения, т.к. смолистые вещества способствуют формированию сажи и образованию коксовых отложений, которые нарушают регулировочные характеристики двигателей и ухудшают их рабочий процесс. Нагар на распылителях форсунки изменяет форму струи и ухудшает качество распыления, что ведет к падению мощности дизельного двигателя и повышению дымности отработавших газов. Значительное содержание в присадке веществ, склонных к полимеризации, приведет к выходу из строя техники, особенно современной техники, соответствующей требованиям ЕВРО-3, 4, 5.

Отечественные разработчики противоизносных присадок критически подходили к этому показателю и до последнего времени не устанавливали жестких требований к детальному контролю качества сырья, что сказывалось на конечном продукте. Поэтому отечественные присадки отличаются по своему составу от зарубежных аналогов.

Как показали проведенные исследования некоторые отечественные противоизносные присадки ухудшают работу депрессорно-диспергирующих присадок.

В табл. 5 обобщены результаты холодного хранения дизельного топлива с отечественной присадкой и для сравнения – с противоизносной присадкой фирмы BASF. Из данных табл. 5 видно, что отечественная присадка несовместима с депрессорно-диспергирующей присадкой – топливо расслаивается.

Таблица 5

Седиментационная устойчивость дизельного топлива, содержащего 0,07% депрессорно-диспергирующей присадки фирмы Clariant, с противоизносными присадками при холодном хранении

Противоизносная присадка		Температура помутнения			Предельная температура фильтруемости		
изготовитель	Концентрация, %	Исходная	После испытаний		Исходная	После испытаний	
			нижние 20% топлива	верхние 20% топлива		нижние 20% топлива	верхние 20% топлива
Kerokorg LA 99 фирмы BASF	0,03	-6	-6	-6	-21	-21	-22
Отечественная присадка	0,03	-6	+1	-5	-20	-13	-22

Как отмечалось выше, техническая политика всех нефтяных компаний и НПЗ направлена на повышение качества дизельных топлив. Увеличение объемов производства дизельных топлив ЕВРО потребует увеличения закупок противоизносных присадок. В этой связи отечественные разработки являются актуальными и необходимыми.

Совместно с противоизносными в состав пакетов присадок в дизельных топливах ЕВРО входят другие функциональные присадки: цетаноповышающие, депрессорно-диспергирующие, моющие, антистатические.

В последнее время на НПЗ все чаще стали применять в одном пакете присадки разных фирм. При постановке на производство таких топлив нами было выявлено отрицательное влияние присадок на эффективность действия друг друга.

Так, использование цетаноповышающей и противоизносной присадок разных фирм может потребовать увеличения концентрации последней по сравнению с использованием присадок одной фирмы.

Добавление моющей присадки в пакет, содержащий депрессорно-диспергирующую присадку другой фирмы, может привести к расслоению топлива при отрицательных температурах.

В последнее время нами получены новые сведения о влиянии противоизносных присадок на электропроводность дизельного топлива. Добавка противоизносной присадки снижает эффективность действия антистатической присадки. Кроме того, отмечено, что с течением времени электропроводность дизельного топлива с антистатической и противоизносной присадками уменьшается, что необходимо учитывать при составлении пакетов присадок.

Таким образом, добавка в дизельное топливо присадок различного функционального назначения приводит к необходимости тщательного подбора оптимального пакета присадок. Это позволит избежать рекламаций и гарантировать качество поставляемого дизельного топлива.

УДК 621.564.385

Зверев О. В., Цветков О. Н., Розанова Н. Л.
ОАО «ВНИИ НП», Российская Федерация

**НОВЫЕ ПОДХОДЫ К ПОВЫШЕНИЮ ТЕРМООКИСЛИТЕЛЬНОЙ
СТАБИЛЬНОСТИ АВИАЦИОННЫХ ГАЗОТУРБИННЫХ МАСЕЛ
НА ОЛИГОМЕРНОЙ ОСНОВЕ**

Особенностью нашей реактивной авиации было и до сих пор остаётся широкое по сравнению с зарубежными реактивными авиациями, имеющими двигателестроительные компании, использование авиационных масел на минеральной основе, отличающихся высоким качеством и относительно невысокой стоимостью. Такие масла успешно используются в газотурбинных двигателях самолетов и вертолетов различных серий, а также в газотурбинных двигателях авиационного типа, используемых для транспортировки газа в составе газоперекачивающих агрегатов.

Прогресс в авиационном двигателестроении для организаций-разработчиков и производителей авиационных смазочных материалов означает, прежде всего, рост теплонапряженности авиадвигателей из-за роста температуры газопаровой смеси на входе в турбину. Следствием роста нагрузок, скоростей и рабочей температуры авиационного двигателя стал переход от минеральных масел к маслам на синтетических основах с высокоэффективными антиокислительными присадками. ОАО «ВНИИ НП» является инициатором разработки масла ИПМ-10 с повышенными термоокислительными свойствами, позволившими поднять температурный уровень работы авиамасла со 150 до 200°C. Основой этого масла стало изопарафиновое масло ИПМ-10А, получавшееся путём каталитической изомеризации парафинового сырья с последующими селективной депарафинизацией и адсорбционной очисткой. До конца 90-х годов для всех теплонапряжённых двигателей с температурой масла на выходе 200°C использовалось разработанное в ОАО «ВНИИ НП» масло ИПМ-10, вырабатываемое на основе маловязкого изопарафинового масла ИПМ-10А.

Ввиду ликвидации в начале 90-х годов производства базового масла ИПМ-10А на основе проведённых ОАО «ВНИИ НП» исследований было предложено производить авиационное масло ИПМ-10 на основе поли- α -олефинового масла ПАОМ-4, которое получается олигомеризацией α -олефинов с последующим гидрированием олигомеров. ПАОМ-4 является наиболее близким аналогом ранее вырабатывавшегося изопарафинового масла (ИПМА-10) и соответствует ему по всем физико-химическим характеристикам. А получаемое на нем масло ИПМ-10 выдерживает испытания на термоокислительную стабильность не только при 200°C, но и при 210°C

Воссозданное масло ИПМ-10 в настоящее время вырабатывается в ЗАО «Спецнефтьпродукт» на импортном ПАОМ-4, поскольку, как показал практический опыт не всякое ПАОМ-4 пригодно в качестве основы для выработки ИПМ-10. Дефектация основы проводится по реологическим характеристикам при низкой температуре и по термоокислительной стабильности готового масла.

В начале 2000-х годов по технологии ОАО «ВНИИ НП» было получено на предприятии ОАО «Роснефть - МЗ «Нефтепродукт» ПАОМ-4, соответствующее по своим характеристикам зарубежным аналогам, а на его основе изготовлен и испытан опытный образец ИПМ-10, по всем показателям соответствующий нормам технических условий. В 2003 году в ООО "Татнефть-Нижнекамскнефтехим-Ойл" была пущена в эксплуатацию установка по производству поли- α -олефиновых масел, в ассортимент которой входит и выработка масла ПАОМ-4. К сожалению, качество нижнекамского ПАОМ-4 не

позволяло вовлечь его в рецептуру ИПМ-10 из-за реологических свойств и недостаточной термоокислительной стабильности. Многолетние исследования ОАО «ВНИИ НП» позволили найти подходы к повышению термоокислительной стабильности ИПМ-10, которые будут содействовать включению нижнекамского ПАОМ-4 в технологию производства ИПМ-10.

Другим направлением в разработке новых авиамасел является вовлечение олигоорганосилоксановых жидкостей, на основе которых открываются возможности создания смазочных материалов, работоспособных в жестких условиях при температуре 250°C и выше. Достоинства этих жидкостей: высокая термическая и термоокислительная стабильность к деструкции, низкая температура застывания, хорошие вязкостно-температурные свойства и слабая зависимость электрических, механических и физических свойств от температуры, а также химическая и биологическая инертность.

Но и олигоорганосилоксаны требуют создания антиокислительных присадок, способных повысить температурный предел работоспособности товарных продуктов на их основе и увеличить ресурс работы в жестких температурных условиях, т. к. неингибированные олигоорганосилоксановые жидкости начинают окисляться с высокой скоростью при температуре выше 200°C.

Антиокислительные присадки на основе соединений переходных металлов, хорошо зарекомендовали себя, как эффективные ингибиторы окисления смазочных масел и рабочих жидкостей на основе олигоорганосилоксанов при температурах 250-300°C.

В ОАО «ВНИИ НП» был разработан ряд эффективных антиокислительных товарных присадок на основе соединений переходных металлов: Ж6-М-20 и Иноксил для олигометилсилоксанов; Ж6-Ф-5 и Иноксил-Ф для фторсодержащих олигосилоксанов. При этом удалось подобрать соединения переходных металлов, одинаково способные ингибировать окисление олигоорганосилоксанов с различными заместителями у атомов кремния, а не разрабатывать для каждой новой олигосилоксановой основы новую присадку, как это требовалось ранее, поскольку прежние присадки, эффективные для одних олигоорганосилоксанов теряли эффективность в других олигоорганосилоксановых жидкостях, содержащих иные заместители у атомов кремния.

С использованием созданных присадок в ОАО «ВНИИ НП» было разработано синтетическое авиационное масло ВТ-301 для газотурбинных двигателей V поколения, у которых температура газов на входе в турбину превышает 1500°C, а температура масла на выходе из двигателя достигает, соответственно, 240°C.

Масло ВТ-301 – синтетическое масло на основе фторорганосилоксанов, термостабильное до 250°C (кратковременно до 280°C), обладает малой испаряемостью, уникальными низкотемпературными свойствами. Это масло нашло применение в небольших теплонапряженных авиационных изделиях, где требуется высокая термоокислительная стабильность и хорошие низкотемпературные свойства масла, а его цена не является препятствием для применения.

В настоящее время ОАО «ВНИИ НП» разработана технология получения присадок к олигоорганосилоксанам, обладающих наряду с высокой

антиокислительной эффективностью и хорошей коллоидной стабильностью при хранении и позволяющих поднять температурный предел масла на выходе из двигателя до 280°C. Таким образом создана возможность разработки сверхстабильного авиационного масла на основе олигоорганосилоксанов.

УДК 620.193.4

Шевченко О. Б., Ильчишин О. С.
Український державний хіміко-технологічний університет, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ОДЕРЖАННЯ АВТОБЕНЗИНІВ, ЩО ВМІЩУЮТЬ СПИРТИ

Можливість використання спиртів як моторних палив була відома ще наприкінці XIX століття. Але практичного застосування спирти не знаходили, це було обумовлено їх досить високою вартістю у порівнянні з вартістю бензину та відсутністю технічних і економічних переваг, що могли б компенсувати цю значну вартість. Тому вони на довгий проміжок часу були відсунуті на другий план. Потреба у спиртах виникла із необхідністю задоволення постійно зростаючого попиту на паливо через використання альтернативних видів палива та необхідністю зниження токсичності викидів сучасного автопарку.

Серед спиртів найбільший інтерес, як моторних палив, становлять метанол та етанол, бо вони мають налагоджене промислове виробництво. Але застосування метанолу, незважаючи на його досить високе октанове число (94 за моторним методом та 111 за дослідницьким методом), обмежене, а у низці країн заборонене внаслідок його високої токсичності, летючості, а також підвищеної гігроскопічності, що створює ще й низку технічних труднощів під час використання спирто-бензинових сумішей. На відміну від метанолу, етанол значно менш токсичний, має меншу гігроскопічність, теплоту випару та більш високу ніж у метанолу теплоту згорання, а приймаючи до уваги, що етанол має також високі октанове число (93 за моторним методом та 108 за дослідницьким методом) і ККД процесу, то перевагу віддають етанолу.

Нині розроблені і використовуються у промисловості три способи виробництва етанолу:

- ферментативний – найбільш старий та найпоширеніший спосіб, у його основі покладений процес ферментативного бродіння крохмальвмісної сировини рослинного походження в присутності бактерій, що сприяють розщепленню полісахаридів до моносахаридів із наступним перетворенням останніх в етанол;
- гідролізний – в основі цього способу покладений процес гідролізу целюлози до більш простих цукрів із наступним перетворенням їх, ферментацією, у спирт;
- синтетичний – це, або парофазна гідратація етилену на фосфорноокислотному каталізаторі, або пряма конверсія синтезу-газу.

За собівартістю виробництва етанолу дані способи співвідносяться в такий спосіб: синтетичний: ферментативний: гідролізний = 1,0:3,5:4,2.

Постановою Кабінету Міністрів України визначено 12 підприємств спиртової галузі, які можуть виробляти паливний біоетанол.

На даний момент чотири спиртових заводи, а саме: ДП Панський спиртовий комбінат, ДП Гайсинський спиртовий завод, ДП Лохвицький спиртовий завод, ДП Лужанський експериментальний завод, із загальною річною потужністю 36 тис. тонн, мають можливість виробляти біоетанол.

До основних переваг етанолу варто віднести високі октанове число, ККД процесу, повноту згорання та ступінь стиснення. Це дозволяє збільшити питому потужність і зменшити питому витрату енергії на одиницю потужності, чим при використанні бензину. ККД спиртового двигуна вище, ніж бензинового у всьому діапазоні складів робочих сумішей. Межі займання бензино-етанольної суміші ширше, ніж в чистого бензину. Внаслідок цього можлива робота на збіднених сумішах. Незважаючи на меншу теплоту згорання, витрата етанольмісного палива збільшується незначно: у середньому на 5% через більш високу повноту згорання.

Під час використання спиртових палив знижується вміст контрольованих шкідливих компонентів продуктів згорання палива. Завдяки низьким температурам горіння спиртів на одиницю енергії, що витрачається, і палива, оксидів азоту виділяється значно менше, ніж у бензині. Одночасно внаслідок поліпшення повноти згорання спиртових сумішей викиди С та (СН) також зменшуються.

До недоліків етанолу варто віднести вдвічі меншу теплоту згорання, що призводить до підвищеної витрати палива, низький тиск насичених парів і високу теплоту випару, і як наслідок погані пускові властивості. Наявність етанолу в бензині також сприяє підвищенню тиску насиченої пари, що призводить до збільшення схильності до утворення парових пробок у паливній системі.

Крім того, спирти гігроскопічні, мають погані змащуючі властивості, корозійно агресивні (через окиснення до відповідних кислот), погано сполучаються з конструкційними матеріалами.

При компаундуванні бензину та етанолу слід враховувати обмежену розчинність етанолу в бензині та необмежену розчинність етанолу у воді. За наявності невеликих кількостей води відбувається розшарування сумішевого палива на спирт і бензин. Ступінь розшарування залежить від температури, вмісту етанолу в суміші, вмісту води в етанолі а також від присутності в бензині ароматичних вуглеводнів. Поліпшення фазової стабільності здійснюють додаванням різноманітних стабілізаторів. Для того, щоб стабілізатори працювали якомога ефективніше необхідний їх рівномірний розподіл по всьому об'єму суміші, тому значну роль при приготуванні сумішевих бензинів відіграє сам процес змішування. Тому був розроблений метод компаундування бензину та етанолу на спеціальній установці змішування, що дозволяв отримати мілко дисперсну суміш бензину і етанолу та рівномірно розподілити етанол по усьому об'єму бензину.

Сутність процесу полягає у тому, що основний потік подається насосом в систему жиклерів інжектора. Струмінь основного потоку проходячи по жиклерах, створює розрідження в колекторі установки. Через створений вакуум відбувається дозована подача компонентів. Далі, частково перемішане у потоці та дозоване, паливо попадає в змішувач, де розбивається в мілкодисперсну суміш та змішується

остаточно.

Застосування даного методу, дозволить покращити якість компаундування та отримати сумішевий бензин з високою фазовою стабільністю.

УДК 621.892(088.8)

Авдеенко А. П., Авдеенко Е. А.

Донбасская государственная машиностроительная академия, Украина

ТРИБОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СОЛЕЙ КИСЛЫХ АЛКИЛФОСФАТОВ НА ОСНОВЕ ЖИРНЫХ СПИРТОВ

Известно, что соединения, содержащие фосфор, являются многофункциональными присадками к смазочным и технологическим жидкостям. Их можно использовать в качестве антиокислителей, ингибиторов коррозии, депрессоров, противоизносных и противозадирных присадок.

Нами было проведено исследование антикоррозионных свойств Na-солей кислых алкилфосфатов на основе первичных (ПЖС) и вторичных (ВЖС) жирных спиртов от C_9 до C_{20} и выше и аммонийных солей кислых алкилфосфатов ВЖС фракции $C_{10}-C_{20}$ (фосфорные мыла). По результатам исследований эти соли обладают антикоррозионными свойствами лучшими, чем, например, эмульсол ЭТ-2, при использовании их в качестве присадок к смазочно-охлаждающим жидкостям (СОЖ).

Соли кислых алкилфосфатов эффективны в качестве противоизносной присадки к СОЖ на основе водного эмульсола ЭТ-2. В зависимости от применяемой присадки и условий работы СОЖ стойкость металлорежущего инструмента увеличивается в 4–9 раз.

В продолжение этих работ проведено исследование трибологических свойств фосфорных мылов – натриевых и аммонийных солей кислых алкилфосфатов высших жирных спиртов.

Показано, что в качестве присадок к пластичным смазкам в количестве до 5 % соли кислых алкилфосфатов на противоизносные и противозадирные свойства смазочных материалов оказывают незначительное влияние, то есть в качестве присадок мало эффективны. Поэтому эти вещества испытывались в качестве загустителей смазок, используемых в узлах трения скольжения.

На основе Na-солей кислых алкилфосфатов ПЖС и ВЖС было приготовлено несколько пластичных смазок путем загущения индустриального масла М-50 и проведены сравнительные испытания промышленных смазок Литол-24, 1-13 и полученных смазочных материалов. Исследования выполнены на лабораторной машине трения СМЦ-2 по схеме колодка-ролик. Диаметр ролика 40 мм, площадь трения 1 см², угловая скорость 330 об/мин. Материал ролика сталь 45, а материал колодки сталь ШХ15. Как видно из табл.1, смазки на основе солей кислых алкилфосфатов как первичных, так и вторичных жирных спиртов обладают лучшими антифрикционными свойствами по сравнению со смазками 1-13 и Литол-24. Кроме того они обеспечивают работу узла трения при более высоких удельных нагрузках.

Таблица 1

Сравнение антифрикционных свойств пластичных смазок

Смазка	Удельная нагрузка на узел трения, кг/см ²	Момент трения, кг·см
1. I-13	200	16
	400	не работает
2. Литол-24	200	18
	400	32 (кратковременно)
3. Натриевые соли ПЖС (фракция C ₁₂ -C ₁₆) + масло (1:2)	200	11
	400	20
4. Натриевые соли ПЖС (фракция C _{>20}) + масло (1:2)	200	10
	400	20
5. Натриевые соли ВЖС (фракция C ₁₀ -C ₂₀) + масло (1:2)	200	12
	400	24
6. Аммонийные соли ВЖС (фракция C ₉ -C ₁₃)	200	7
	400	13

Из всех солей, испытанных в качестве смазок, лучшими антифрикционными свойствами обладает аммонийная соль кислых алкилфосфатов на основе ВЖС, которая испытывалась без добавления масла. Для этой смазки проведены испытания противоизносных свойств в сравнении с промышленно выпускаемыми эффективными противоизносными смазками Свинцоль-02 и Лимол. Эффективность применения аммонийных солей в качестве смазки видна из табл. 2.

Применение аммонийных солей кислых алкилфосфатов ВЖС обеспечивает устойчивую работу узла трения скольжения при высоких удельных нагрузках. В сравнении со смазкой Лимол они эффективнее на порядок по противоизносным свойствам. Кроме того обеспечивают работу узла трения без разогрева в широком интервале нагрузок.

Таблица 2

Сравнительные противоизносные свойства аммонийных солей кислых алкилфосфатов как смазки в узлах трения скольжения

Смазка	Удельная нагрузка в узле трения, кг/см ²	Температура в зоне трения, °C	Момент трения, кг·см	Износ, г	Количество оборотов ролика
Свинцоль-02, ТУ 38УССР101578-76	250	>200	задир	—	—
Лимол ТУ 38УССР 20146-75	250	120	27	5·10 ⁻³	25000
	350	150	35	задир	20000
	400	≥190	40	задир	12000
Аммонийные соли ВЖС (фракция C ₉ -C ₁₃)	250	38	6	0,48·10 ⁻³	50000
	350	40	9	1,5·10 ⁻³	50000
	400	46	13	2,2·10 ⁻³	50000

Na-соли кислых алкилфосфатов при комнатной температуре находятся в твердом аморфном состоянии, поэтому в чистом виде их невозможно применять в качестве смазки. Было показано, что при температурах узла трения выше температуры плавления *Na*-солей кислых алкилфосфатов (фосфорных мылов) последние работают как антифрикционные смазки. Однако верхний предел ограничен температурой разложения этих солей, что делает нецелесообразным применение *Na*-солей алкилфосфатов (натриевых фосфорных мылов) в качестве высокотемпературных смазок. Возможно применение их только в качестве загустителей в производстве пластичных смазок.

Аммонийные соли кислых алкилфосфатов (аммонийные фосфорные мыла) на основе вторичных жирных спиртов наряду с высокими антикоррозионными свойствами обладают антифрикционными и противозносными свойствами и могут быть использованы как высокоэффективная смазка в узлах трения скольжения. *Na*-соли кислых алкилфосфатов (натриевые фосфорные мыла) на основе высших жирных спиртов в виде коллоидного раствора могут применяться как пластичные смазки.

УДК 628.477:656.2

Безовська М. С., Зеленько Ю. В.

Дніпропетровський національний університет
залізничного транспорту ім. академіка В. Лазаряна, Україна

ВІДНОВЛЕННЯ ВІДПРАЦЬОВАНИХ КОМПРЕСОРНИХ ОЛИВ ЗАЛІЗНИЧНИХ ПІДПРИЄМСТВ

Утворення відходів різних типів і класів небезпеки є однією з найбільших екологічних проблем залізниць України. Поміж інших відходів велике місце належить нафто- та оливомісуючим відходам. Наприклад, на підприємствах локомотивної служби Придніпровської залізниці щорічно з'являється до 280–300 т лише відпрацьованих олив різних типів. Серед останніх одними з найпоширеніших типів є компресорні оливи.

Компресорні оливи використовують для змащення циліндрів, клапанів компресорів та холодильних машин. При старінні таких олив переважно проходять процеси окиснення, т.я. температура повітря сягає 120–230 °С при значному тиску. У результаті окиснення утворюються нагари, лаки і осадки, значно зростає вміст смол (збільшується від 4 % у свіжій до 6,5 % у відпрацьованій). Процеси окиснення у таких оливах відрізняються від тих, що можна спостерігати у двигунах внутрішнього згорання, де переважають процеси термічного розкладання. Саме тому у вимогах, викладених у ТУ та ДСТУ на компресорні оливи, значну роль відіграє вимога до термоокислювальної стабільності. Також у процесі експлуатації цих олив у них значно збільшується вміст води через інтенсивну її конденсацію з повітря.

На підприємствах залізничного транспорту застосовують компресорні оливи марки КС-19 у якості всесезонної для змащення вузлів тертя компресорів тепловозів і дизель-поїздів. Повну заміну олив в компресорах проводять при

бракуванні проб за результатами лабораторного аналізу.

Основними напрямками переробки відпрацьованих різних типів олив є спільна переробка у суміші з нафтою на нафтопереробних заводах та цільова їх переробка з отриманням компонентів олив (регенерація). Методи регенерації можна поділити на фізичні, фізико-хімічні, хімічні та комбіновані.

На практиці найбільш поширеними є комбіновані методи, які у найбільшій мірі забезпечують якісне очищення відпрацьованих олив. При виборі комбінації методів регенерації необхідно враховувати характеристики продуктів старіння відпрацьованих олив, вимоги, що пред'являються до регенованих олив, а також кількість зібраних олив. Необхідно чітко уявляти екологічні наслідки тих або інших способів регенерації і вибирати найбільш придатні в даних умовах методи. Володіючи цими даними, можна визначити, які фізико-хімічні властивості оливи вимагають виправлення та обрати відповідний спосіб його відновлення.

Так загальна схема регенерації відпрацьованих компресорних олив включає в себе видалення з оливи розчинених парів та газів, відстоювання від механічних домішок та води, зневоднення та видалення агентів, які її розріджують, обробку адсорбентами та фільтрацію. Особливу увагу виробники оливорегенераційних приладів завжди приділяють системі видалення води таких апаратів через значне обводнення компресорних олив.

Нами проводились дослідження по відновленню властивостей відпрацьованих компресорних олив за допомогою різних поверхнево-активних речовин (ПАР). Зокрема були випробувані аспарал Ф, оксіетильований моноалкілфенол (неонол АФ 9-12), кокамідопропілбетаїн, етоксильований лаурилсульфат натрію (Emal 270 d), кокамідопропіламіноксид САО (Євроксид СРО), лауроіл-саркозинат натрію. Висновок про ступінь очищення робили з результатів вимірювання оптичної густини оливи, перерахунку її на забрудненість τ (см⁻¹) та порівняння з показниками відпрацьованої оливи перед очищенням.

З випробуваних ПАР найкращий результат дав Emal 270d. Ступінь очищення склала 86 %; вихід продукту сягнув 92 %.

УДК 543.383.2:656.2

Заїка М. О., Яришкіна Л. О.

Дніпропетровський національний університет
залізничного транспорту ім. академіка В. Лазаряна, Україна

ДИНАМІКА ЗАБРУДНЕННЯ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ НАФТОПРОДУКТАМИ

Басейни Українських річок відзначаються високою насиченістю промисловими, комунально-побутовими і сільськогосподарськими виробництвами, що істотно впливає на формування якості води. Особливо це проявляється в басейні Дніпра, який є великим багатогалузевим природно-господарським комплексом. Ресурси прісних вод та їх якість стали головним лімітуючим фактором у розвитку і розміщенні продуктивних сил та забезпеченні населення питною водою.

Одним з основних забруднювачів поверхневих вод є нафта і нафтопродукти.

Нафта може потрапляти у воду внаслідок природних її виходів у районах залягання. Але основні джерела забруднення пов'язані з людською діяльністю: нафтовидобутком, транспортуванням, переробкою й використанням нафти як палива і промислової сировини. Забруднення води нафтою відбувається в основному через халатне ставлення до цього питання людей, відповідальних за цю справу. Іноді воду, після промивання нафтових танкерів зливають у водойми, іноді миють машини й виливають у ріки навіть відпрацьоване машинне масло. Нафта потрапляє у воду із плаваючих механічних засобів і з водного транспорту. Загальновідомо, що навіть найтонші шари нафти на поверхні водного об'єкту зменшують швидкість проникнення у воду кисню. Забруднення нафтою небезпечне ще й тим, що охоплює величезні площі при незначних потрапляннях у воду. Один літр нафти покриває поверхневою плівкою півгектара поверхні води.

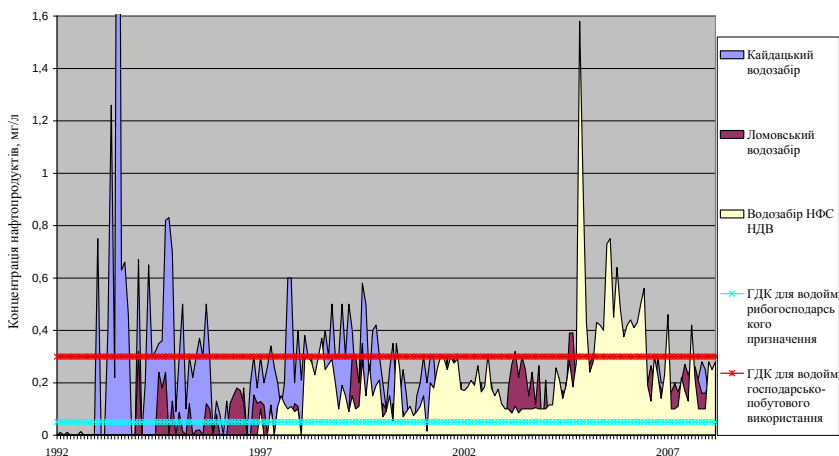
Запорізьке водосховище за кількістю забруднюючих речовин промислового та комунально-побутового походження є одним з найбільш антропогенно-навантажених у всьому каскаді водосховищ, що розташовані на р. Дніпро. Воно характеризується складною гідрохімічною і токсикологічною ситуацією, яка зумовлює особливості динаміки гідробіологічних процесів та загальний стан водних екосистем. Об'єктивна, якісна оцінка якості водних об'єктів на основі принципів комплексності та обліку часткового внеску окремих складових, утворюючих навантаження на водні екосистеми – виняткова необхідність для комплексного використання його ресурсів та оптимального планування природоохоронних заходів. Дана робота направлена на оцінку впливу мегаполісу Дніпропетровськ, з потужною металургійною промисловістю, підприємствами залізничної, машинобудівної галузі, безлічі неконтрольованих скидів навтомісних стічних вод автомийок та ін.. на забруднення води нафтопродуктами середньої частини Запорізького водосховища.

Під час виконання роботи було проведено збір та аналіз даних за останні 10 р. вмісту нафтопродуктів у воді питних водозаборів Ломовський, Кайдацький, що умовно розташовані вище за течією основних промислових стоків м. Дніпропетровська, та створу порівняння – Залізничного водозабору насосно-фільтрувальної станції Нижньо-Дніпровського вузла, який знаходиться, відповідно, нижче за течією. Метою роботи було визначення наявності і сили впливу антропогенного навантаження міста на Запорізьке водосховище за показником концентрації нафтопродуктів.

Результатами проведеної роботи стали висновки про надскладну екологічну ситуацію забруднення вод середньої частини Запорізького водосховища нафтопродуктами, та істотний вплив на неї саме м. Дніпропетровськ. Так, в середньому значення вмісту нафтопродуктів у воді Ломовського, Кайдацького водозаборів з 1998 до 2008 рр. коливалося у межах 0,05–0,35 мг/л, піки концентрацій сягали 0,6 мг/л (рис. 1.) Відповідні показники на Залізничному водозаборі за період з 1998 до 2005 рр. носили менш загрозливий характер, і становили 0,15–0,18 мг/л. Та в період 2005–2007 рр. спостерігається стрімкий ріст рівня концентрації нафтопродуктів до середніх значень в 0,4 мг/л, та пікових значень 0,8–1,58 мг/л. Варто зазначити, що з 2007 р. рівні забруднення нафтопродуктами на Залізничному водозаборі, як і їх різниця між водозаборами значно знизилася. У цей період середнє значення відповідного показника на всіх

водозаборах зосередилося в межах 0,16–0,18 мг/л, з піковими значеннями рівня в 0,4 мг/л.

Динаміка концентрації нафтопродуктів в воді водозаборів



Отже, з результатів проведеної роботи стає очевидним, що безконтрольний, ненормований поверхневий стік з металургійних, машинобудівних, залізничних підприємств, незареєстровані скиди стічних вод безлічі приватних автомийок, морально застарілий судноплавний транспорт, відсутність або непрацездатність локальних очисних споруд промислових стоків та загалом безвідповідальне ставлення до водокористування спричиняють катастрофічний рівень забруднення водної артерії України та ставлять під питання можливість використання її як джерела питного та рибогосподарчого користування. Комплексний і взаємозалежний характер прісноводних систем вимагає цілісного підходу до керування ресурсами прісної води (господарська та промислова діяльність у межах водозбірного басейну) на основі збалансованого обліку потреб населення і навколишнього середовища. Робота демонструє прямий зв'язок між водогосподарчою, промисловою діяльністю та серйозними наслідками її здійснення, які носять фізичний, хімічний, біологічний і соціально-економічний характер.

УДК 628.477:656.2

Лещинська А. Л., Зеленько Ю. В., Вострокнута І. В.
Дніпропетровський національний університет
залізничного транспорту ім. академіка В.Лазаряна, Україна

**ПЕРСПЕКТИВИ ПЕРЕХОДУ РУХОМОГО СКЛАДУ ЗАЛІЗНИЦЬ
НА ГАЗОДИЗЕЛЬНЕ ПАЛИВО**

Протягом багатьох десятиліть, практично з дня створення двигунів внутрішнього і зовнішнього згорання, в промислово розвинених країнах були початі роботи по пошуку напрямів заміни нафтового виду моторного палива на альтернативні види. Останніми роками, у зв'язку із кризою запасів нафти на Україні, та постійним коливанням цін на сировину актуальність цієї проблеми різко зростає.

Крім того, ціни на моторне паливо чинять істотний вплив на економіку країн в цілому і, передусім на соціальне положення населення і рівень його життя. Виходом з положення, що створилося, може бути перехід на альтернативні види дешевого палива замість нафтового, одним з яких є екологічно чисте паливо – природний газ.

Останнім часом у вітчизняній та зарубіжній технічній пресі активізуються публікації і виступи, спрямовані на обґрунтування економічної і екологічної доцільності заміни моторного нафтового палива на природний газ. Слід зазначити що застосування зрідженого природного газу як моторне паливо є більш економічно вигідним, у порівнянні з традиційними нафтовими та іншими альтернативними видами моторного палива.

Широке впровадження газотепловозів стримується, головним чином, через невирішене питання стійкого газопостачання, що у свою чергу пов'язане з необхідністю великих капіталовкладень в інфраструктуру газотранспортного господарства.

На залізничному транспорті магістральні та маневрові тепловози працюють на дизельному паливі, тому підвищення цін на нафтове паливо істотно впливає на підсумки господарської діяльності користувачів послугами залізниці як товарних, так і пасажирських перевезень. Вирішення проблеми може бути знайдене у переведенні дизельних двигунів тепловозів на газодизельний режим з використанням природного газу.

У Росії роботи по переведенню тепловозів на природний газ ведуться вже декілька десятиліть. Випробувані різні схеми маневрових і магістральних газотепловозів для використання як стислого, так і зрідженого природного газу. Нині на дорогах ВАТ "РЖД" експлуатуються декілька дослідницьких газотепловозів.

При цьому, при переведенні двигунів на газодизельний режим використовується тільки 25–35% дизельного палива, як запального засобу, а інші 75–65% номінальної витрати палива замінюються природним газом.

Як вказувалося вище, перехід транспортних засобів і заміщення нафтових палив на природний газ є перспективним через наступні причини:

- по-перше, запаси нафти обмежені, тому в найближчому майбутньому виникне ситуація, коли об'єми видобутку нафти не задовольнятимуть зростаючому попиту на нафтопродукти;
- по-друге, подорожчання нафтового моторного палива, через зростання цін на нафту триватиме і може досягти критичного значення.

Крім того, безперечні екологічні переваги використання газодизельного палива.

У цій ситуації стає необхідним проведення досліджень та вивчення можливостей заміни нафтового моторного палива на природний газ для рухомого

складу залізниць України.

УДК [544.725:504.064.4]:656.2.089

Сорока М. Л., Зеленько Ю. В., Яришкіна Л. О.

Дніпропетровський національний університет
залізничного транспорту ім. академіка В.Лазаряна, Україна

ПОШУК СОРБЕНТІВ ДЛЯ ЛІКВІДАЦІЇ ЕМІСІЙ НАФТОПРОДУКТІВ НА ПАЛИВНОЗАПРАВНИХ КОМПЛЕКСАХ НАЗЕМНОГО ТРАНСПОРТУ

На даному етапі розвитку наземної транспортної системи перевезення нафтопродуктів займає основні позиції. Ця вантажна група займає більше 60 % обсягу перевезень наливних вантажів залізничним транспортом України. В останні роки спостерігається динаміка до збільшення цього показнику. Відомо, що функціонування транспортних систем пов'язано з ризиками для стану навколишнього природного середовища. Тому закономірним є те, що збільшення обсягу перевезень і використання нафтопродуктів у різних технологічних процесах призведе до збільшення кількості аварій, технологічних проливів та загальної їх емісії у навколишнє природне середовище.

Залпові емісії нафтопродуктів характерні не тільки для транспортного процесу, де вони мають чіткий аварійний характер, та й для вантажно-розвантажувальних робіт. Деякі спеціалісти вважають – щорічно у зв'язку з порушенням технології наливних робіт втрачається до 2 % обсягу перевезень нафтопродуктів залізничним транспортом. У цьому контексті, проблема ліквідації технологічних проливів нафтопродуктів є актуальною проблемою екологічно безпечного функціонування паливнозаправних систем та комплексів. При цьому недосконалість технологій збору емітентів та неспроможність паливнозаправних комплексів до такого роду ліквідаційних заходів приводить дану проблему з суто технічної площини до проблеми екологічної безпеки транспорту та втрат цінних паливно-мастильних матеріалів і великих економічних збитків.

Основним етапом ліквідаційних заходів є безпосередній збір пролитих нафтопродуктів. У випадку, який розглядається в рамках докладу, нафтопродукти мігруючи будуть зосереджуватися на залізобетонних поверхнях конструкцій наливного комплексу, металевих поверхнях вагону та штучних технологічних поглибленнях наливної естакади. За даних умов для цілей повного збору пролитих нафтопродуктів найбільш доцільним є технології з використанням спеціальних поглинальних матеріалів – сорбентів.

Велика кількість дисперсійних та капілярно-порових адсорбентів широко використовується для поглинання нафтопродуктів та рідких вуглеводнів, у тому числі високотоксичних. Умовно сорбенти нафтопродуктів можна поділити за групами:

- синтетичні сорбенти;
- сорбенти на основі переробки промислових відходів;
- целюлозопохідні сорбенти;
- матеріали та відходи, що використовуються як сорбенти.

У більшості випадків найкращі результати досягаються при використанні синтетичних сорбентів, яким властиві високі сорбційні показники та можливість багаторазового використання. За умови регулярності виникнення проливів нафтопродуктів на паливноналивному комплексі доцільним є використання подібних синтетичних сорбентів, придатних до багаторазового використання. Обов'язковою вимогою використання цих поглинальних матеріалів є встановлення спеціальної апаратури регенерації та утилізації десорбованих вуглеводнів. Це в свою чергу потребує додаткових економічних та технологічних затрат.

Альтернативою синтетичним сорбентам нафтопродуктів на паливнозаправних комплексах можуть стати поглинальні матеріали на основі відходів місцевої промисловості. Для цих цілей можливе використання відходів деревопереробної, целюлозно-паперової, металургійної, теплоенергетичної, гірничо-видобувної, текстильної промисловості, житлово-комунального господарства. Відходи місцевої промисловості демонструють нижчі показники поглинальної здатності в порівнянні з синтетичними аналогами, проте мають ряд суттєвих економічних та технологічних переваг:

- відносно низька собівартість;
- відсутність додаткового обладнання активації та регенерації;
- можливість утилізації на базі потужностей місцевої промисловості.

Важливою особливістю ліквідації технологічних проливів нафтопродуктів є відсутність жорсткого ліміту часу. За даних умов можливе використання сорбентів з низькою кінетикою насичення – це є додатковою перевагою поглинальних матеріалів на основі відходів у порівнянні з синтетичними сорбентами. У доповіді представлені результати експериментальних досліджень поглинальної здатності багатотоннажних відходів Придніпровської промислової агломерації.

Враховуючи особливості ліквідації емісій нафтопродуктів на паливнозаправних комплексах наземного транспорту та вимоги, які пред'являються до сорбентів вуглеводнів, нами було розроблено гранульований поглинальний матеріал на основі відходів Дніпропетровської паперової фабрики та житлово-комунального господарства (опале листя насаджень зелених зон міста). Поглинальна здатність зразків сорбенту (показник W г нафтопродукту/г сорбенту) при різному співвідношенні складових компонентів представлено у табл. 1.

Таблиця 1

Поглиналина здатність зразків сорбенту на основі відходів паперового виробництва та житлово-комунального господарства

Вміст опалого листя у складі сорбенту, ваг. %	W (г нафтопродукту/г сорбенту)		
	Бензин марки А-92	Дизельне паливо марки Л	Масло вакуумне М-8В
0	1,49	1,46	1,99
10	1,64	1,67	2,15
30	1,73	1,88	2,19
50	1,75	1,85	2,24
70	1,91	1,90	2,34

100	2,00	2,60	3,00

Розрахунок показника W у всіх дослідях проведено за формулою: $W = (m_2 - m_1)/m_1$, де m_1 – вихідна вага зразка сорбенту (г), m_2 – загальна вага сорбенту й нафтопродукту після закінчення контрольного проміжку часу поглинання (г). Задля забезпечення чистоти досліду було використано проби розмірами гранул 1–5 мм при їх природній вологості.

Кінетику процесу насичення сорбентів нафтопродуктами виконано у відповідності до ГОСТ 24816-81. Наважки проб сорбентів зважували з точністю 0,2 %. Загальну похибку досліду оцінено в межах 3 %. Результати визначення кінетики насичення сорбенту нафтопродуктами представлено на рис. 1.

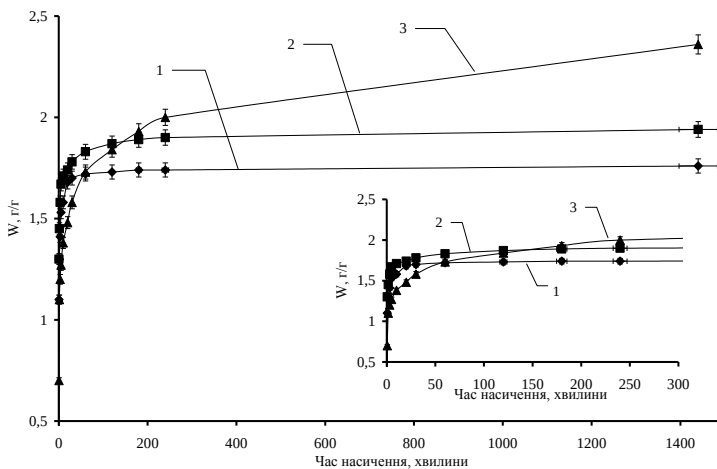


Рис. 1. – Кінетика насичення сорбенту:

1 – бензином марки А-92; 2 – дизельним паливом марки Л; 3 – мінеральним маслом М-8-В.

З представлених результатів досліджень видно, що отриманий сорбент має значні показники поглинальної здатності по відношенню до аналогічних промислових відходів (для ошукор $W = 0,62\text{--}1,21$ г/г). Час ефективного насичення до показників 80 % від W складає 45–65 хв. Можна зробити висновок, що розроблений сорбент придатний для використання при ліквідації технологічних проливів нафтопродуктів на паливнозаправних комплексах наземного транспорту.

Слід додати, що гранули представленого сорбенту мають розгалужену структуру макропор. Це дозволяє отримати поглинені нафтопродукти простим віджимом насиченого сорбенту. Отриманий десорбат потенційно можливо регенерувати з отриманням нафтопродукту, придатного для подальшого використання, що є значним ефектом економії паливно-мастильних матеріалів.

ПОКРАЩЕННЯ ХІММОТОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЕТАНОЛВМІСНИХ ПАЛИВ

Асортимент та якості автомобільних бензинів, що на сьогодні використовуються, визначаються не лише технічними можливостями і досягненнями нафтопереробки та нафтохімії, а й структурою автомобільного парку країни та екологічними вимогами, що останнім часом стали визначаючими. Усе більш жорсткими стають вимоги відносно вмісту сірки, ароматичних та олефінових вуглеводнів, а також щодо випаровування бензинів. В Україні лишається актуальним питання виробництва автомобільних бензинів з покращеними екологічними властивостями, так як в необхідній кількості відсутні традиційні бензинові компоненти компаундування, такі як алкілат, ізомеризати, оксигенати. Тому одним із вирішень проблеми одержання таких автомобільних палив є використання етилового спирту в якості високооктанового кисневмісного компоненту.

Раніше нами були проведені дослідження фазової стабільності бензино-етанольного палива та досліджена його стійкість до розшарування при вмісті у суміші третього компоненту – води. Було показано, що ефективніше використовувати високі концентрації етанолу у суміші з бензином, так як в такому випадку взагалі немає необхідності застосовувати абсолютування етилового спирту.

Для зберігання гомогенності бензино-спиртової суміші при пониженні температури необхідним є введення стабілізатору. Найбільш вивченими та часто застосовуваними є аліфатичні спирти, ефіри, кетони, альдегіди та їх суміші. Нами були проведені дослідження стабілізаторів бензино-етанольного палива шляхом визначення температури помутніння даного пального. Як дослідний зразок палива були обрані паливні композиції товарного автомобільного бензину А-76 та головної фракції етилового спирту ω (C_2H_5OH) = 92,25 % (об.) з вмістом етанолу від 10 до 90 % (об.) з дискретністю в 10%, а як стабілізатор – 2-фурілкарбінол. Виявлено, що даний стабілізатор має гарні стабілізаційні властивості за високого вмісту етанолу у паливній композиції. Одержані результати щодо стабілізації бензино-етанольного палива вказаного складу наведені на рис. 1.

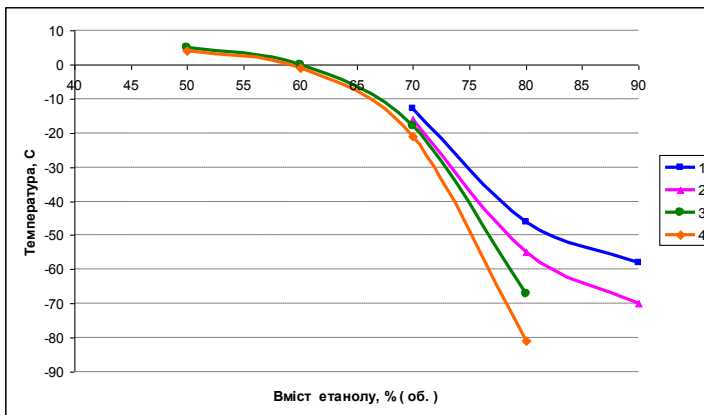


Рис. 1. Залежність температури помутніння і дестабілізації бензино-спиртових сумішей від вмісту етанолу:

- 1 – температура помутніння суміші без добавки 2-фурілкарбінолу;
- 2 – температура дестабілізації суміші без добавки 2-фурілкарбінолу;
- 3 – температура помутніння суміші з добавкою 2-фурілкарбінолу;
- 4 – температура дестабілізації суміші з добавкою 2-фурілкарбінолу.

Але, окрім фазової стабільності, важливою експлуатаційною характеристикою є значення тиску насичених парів (ТНП) бензино-етанольного палива. Згідно з ДСТУ 4063-2001 «Бензини автомобільні» тиск насиченої пари бензину не повинен перевищувати значення 79,9 кПа. Незважаючи на те, що 2-фурілкарбінол виявляє дуже гарні стабілізуючі властивості, тиск насиченої пари бензино-етанольної суміші з цим додатком в якості стабілізатору має дуже низьке значення (26,4 кПа). Тому актуальним є знаходження додатків та добавок, для покращення властивостей даного альтернативного палива.

З метою знаходження оптимального хімічного складу бензино-етанольних сумішей нами були проведені дослідження різних добавок, таких як діетиловий етер, діетиламін, ізобутаном, олігомеризат, МТБЕ. З експериментальних даних найкращі значення ТНП, що задовольняють вимоги до моторних палив, мають суміші, яка містить олігомеризат з МТБЕ, а також суміш з діетиловим етером. Але наведені суміші мають незадовільне значення критичного навантаження, що може спричинити дуже велике зношування при використанні такого палива в двигунах внутрішнього згоряння. Також, отримані результати показують, що діетиловий етер позитивно впливає на збільшення ТНП до потрібного мінімального значення для пуску двигуна. Але, оскільки етеру потрібно 19%, а за такої високої концентрації можуть активно утворюватися пероксидні сполуки, було прийнято рішення про зупинку досліджень у цьому напрямі.

Продовжуючи пошуки щодо збільшення тиску насиченої пари через зміни хімічного складу палива, вирішили покращити пуск холодного двигуна пропусканням пропан-бутанової суміші. Було виконано пропускання пропан-бутану через абсолютний етиловий спирт і через паливну суміш Е-85 (паливо, що

створювалося в лабораторних умовах змішуванням бензину та абсолютизованого етанолу). Одержані значення експерименту наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Значення тиску насиченої пари для різних речовин

Назва речовини	ТНП, кПа
Спирт етиловий	18
Е-85	26.4
Паливо газове стабільне	39.68
Автомобільний бензин А-95 (ТНК)	56.32
Спирт+пропан-бутан+метан	80.64
Е-85+Пропан-бутан	110.08

Отримані результати свідчать про те, що цей напрям досліджень може бути перспективним, адже результати отримані під час барботування протягом п'яти хв. Тому в наступних дослідженнях стоїть питання про зменшення часу пропускання суміші, і про дослідження інших хімотологічних характеристик для застосування результатів дослідження на практиці.

УДК 665.753.4:66.095.134

**Охріменко М. В., Патриляк Л. К., Патриляк К. І.,
Іваненко В.В., Репецький І. А., Волошина Ю. Г.**

Інститут біоорганічної хімії та нафтохімії НАН України, Україна

Левтеров А. М., Мараховський В. П., Савицький В. Д.

Інститут проблем машинобудування ім. А.М.Підгорного НАН України, Україна

ПЕРСПЕКТИВНІСТЬ ЗАМІНИ МЕТАНОЛУ ЕТАНОЛОМ ПІД ЧАС ОДЕРЖАННЯ БІОПАЛИВА ДЛЯ ДИЗЕЛЬНИХ ДВИГУНІВ, МОТОРНИ ТА ЕКОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ОДЕРЖАНОГО ПРОДУКТУ

Енергія є основою продуктивності економіки й запорукою комфортного життя людини. На сьогодні до енергетичних джерел глобального значення відносять вугілля, нафту, природний газ, ядерне паливо й великі водні артерії. Серед них найзапобованішою є нафта завдяки використанню продуктів її переробки у вигляді палива для різноманітних двигунів внутрішнього згорання. Усі ці енергоносії, крім хіба що гідроресурсів, об'єднує вичерпність запасів і негативний вплив на навколишнє середовище. Особливо це стосується саме нафти: через стрімке зростання світового автопарку й кінечності розвіданих запасів, нафти при сучасному рівні видобування вистачить на 40 років. Водночас велике споживання нафтопродуктів як рушійної сили передусім транспортних засобів призвело до відчутного забруднення атмосфери газоподібними сполуками азоту, сірки, а особливо основним продуктом згорання – вуглекислим газом, через що вміст цього компоненту в повітрі збільшився продовж останніх десятиріч майже в 1,3 рази, прямим наслідком чого є посилення так званого «парникового» ефекту.

А тому закономірним є пошук альтернативи нафті та нафтопродуктам, перш

за все тим, що використовують як моторне паливо. Альтернативне паливо повинно спричинювати мінімальний вплив на екологію, отже бути біологічного походження, бути придатним для застосування в існуючих двигунах без модифікування або лише за незначного модифікування останніх. Такими продуктами є біостанол як замітник бензину та біодизель як замітник нафтового дизпалива.

Сировинними компонентами для одержання біодизельного палива можуть слугувати олії, що є характерними й поширеними для нашого географічного регіону, й тваринні жири, а також нижчі спирти аліфатичного ряду. На сьогодні при промисловому виробництві біодизелю обмежуються метанолом, який є продуктом конверсії природного газу, тобто базується на вичерпній сировинній базі, а також характеризується високою токсичністю.

У відділі каталітичного синтезу Інституту біоорганічної хімії та нафтохімії НАН України розроблено і запатентовано оригінальну технологію виробництва біодизельного палива переестерифікацією ріпакової олії етанолом. Застосування останнього робить зазначене паливо цілком безпечним і базованим на повністю відновлювальних сировинних ресурсах. За означеною технологією приготовано укрупнену партію даного продукту, визначено його основні фізико-хімічні і моторні показники. Останні – у хімотологічному центрі Міністерства Оборони України. За всіма показниками синтезований продукт не поступається біодизельному паливу на основі метанолу.

Енерго-екологічні характеристики було досліджено у відділі поршневих енергоустановок Інституту проблем машинобудування ім. А. М. Підгорного НАН України на тракторному дизельному двигуні Д21А (2Ч 10,5/12) виробництва Володимирського тракторного заводу. Показники максимальної потужності двигуна, величини максимального крутячого моменту, коефіцієнта корисної дії двигуна при роботі на суміші естрів етанольної переестерифікації ріпакової олії та дизельного палива нафтового походження марки Євро Супер, а також чистому біопаливі перевищують відповідні показники для чистого нафтового продукту. За рівнем викидів продуктів згорання, зокрема вмістом CO, CO₂, твердих часток і продуктів неповного згорання синтезований нами біодизель суттєво переважає нафтове дизпаливо і є близьким до метанольного біодизеля. Водночас незаперечною перевагою перед продуктом метанольної переестерифікації є несподіване суттєве зменшення (на 30% і більше) концентрації оксидів азоту NO_x у вихлопних газах.

Отже, результати всебічних випробувань продукту етанольної переестерифікації ріпакової олії показали перспективність подальших комплексних досліджень даного продукту й технології його виробництва з метою його широкого застосування як замітника чи компонента стандартного дизельного палива нафтового походження.

УНІВЕРСАЛЬНА ЗАЛЕЖНІСТЬ ПРУЖНОСТІ ПАРИ НАФТИ ВІД СПІВІДНОШЕННЯ ФАЗ І ТЕМПЕРАТУРИ

Нафта – це складна суміш вуглеводнів та інших речовин, що мають різний ступінь випаровування. Оскільки склад рідкої фази із випаровуванням компонентів змінюється, то змінюються показники випаровування залежно від співвідношення парової і рідкої фаз. При цьому один з основних показників нафти, що характеризує її випаровуваність – пружність пари, залежить від фракційного і вуглеводневого складу нафти та її температури.

Розрахунки втрат нафт від випаровування звичайно здійснюють знаючи тільки один її показник – пружність пари за температури 38°C при співвідношенні парової і рідкої фаз 4:1. Пружність пари визначається за відомими методиками за допомогою стандартної лабораторної апаратури.

Реальні умови зберігання нафт суттєво відрізняються від лабораторних – співвідношення фаз та температура в закритій ємності можуть коливатися у широких межах. Тому виникає необхідність використовувати різноманітні формули, що дозволяють визначити пружність парів нафти залежно від температури і співвідношення парової і рідкої фаз.

З метою вивчення закономірностей процесу випаровування нафт нами була проведена серія експериментів, в ході яких були досліджені вплив температури і співвідношення фаз на величину пружності їх парів. Для дослідів використовувалися щойно відібрані ("свіжі") проби нафти російської експортної суміші, що займає найбільшу частку серед нафт, що транспортуються магістральними нафтопроводами України.

За результатами дослідів були отримані експериментальні криві, показані на рис. 1. Досліди проведені для співвідношення фаз 1:1, 2:2, 3:1, 4:1 (об'єм повітря до об'єму нафти).

Визначення тиску насичених парів у повітряній камері при різних співвідношеннях рідкої та парової фаз у залежності від температури проводилось з кроком 5°C до 38°C включно, починаючи з "вихідної температури повітря". Під останньою приймалася температура повітря у повітряній камері "бомби Рейда" перед випробуванням. Для обчислення "дійсного" тиску насиченої пари досліджуваної нафти в показ манометра – "невиправленого тиску насичених парів" вводилася поправка на зміну тиску повітря і насиченої пари води в повітряній камері, що викликана різницею між "вихідною температурою" повітря і температурою водяної "бані".

Як показала математична обробка результатів дослідів, залежність пружності парів нафти від температури за певного співвідношення фаз із достатньою точністю може бути описана рівнянням

$$P_{St} = ae^{bt}, \quad (1)$$

де a і b – коефіцієнти; t – температура нафти.

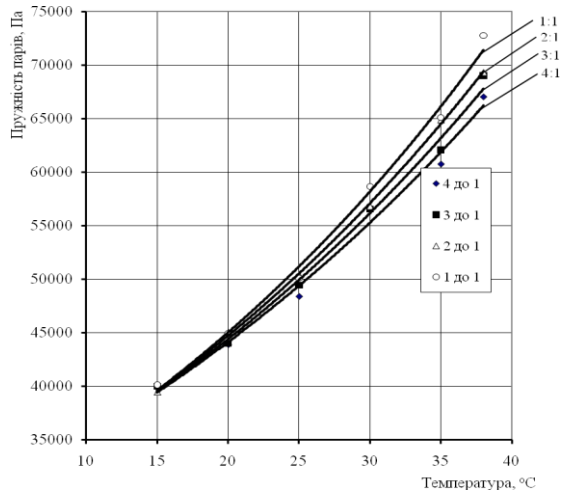


Рис. 1. Залежність пружності парів нафти від температури і співвідношення фаз

У табл. 1 представлені значення коефіцієнтів a і b при різних співвідношеннях фаз.

Таблиця 1

Коефіцієнти a і b за різних співвідношень фаз російської експортної суміші

Співвідношення фаз (об'єм повітря до об'єму рідини)	Коефіцієнти математичної моделі (1)		Достовірність апроксимації
	a , Па	b , $\frac{1}{^{\circ}\text{C}}$	
4 до 1	28093	0,022562	0,992
3 до 1	27727	0,023531	0,995
2 до 1	27427	0,024438	0,999
1 до 1	26955	0,026955	0,995

Позначивши співвідношення фаз через n , можна отримати наступні залежності для коефіцієнтів a і b

$$a = 28479 - 371,4 n \quad (2)$$

і

$$b = 215 + 1016 n . \quad (3)$$

При цьому достовірність апроксимації коефіцієнтів a і b близька до 1.

Таким чином у загальному випадку формула (1) з урахуванням (2) і (3) може бути записана у вигляді

$$P_{st} = (k_1 - k_2 n) e^{(k_3 + k_4 n)t} , \quad (4)$$

де k_1 , k_2 , k_3 , k_4 – коефіцієнти, що визначаються для кожної конкретної нафти.

Таким чином, отримана універсальна залежність пружності пари нафти від температури і співвідношення фаз. Остання може бути широко використана для оцінки втрат нафти від випаровування, у тому числі з метою розробки заходів енергозбереження в процесах її зберігання.

УДК 621.9.079:621.7.079(031)

Кириченко В. І.

Хмельницький національний університет, Україна

Кириченко В. В.

Національний університет харчових технологій, Україна

ЕКОЛОГІЧНІ ТА РЕСУРСНО-ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ПЕРЕРОБКИ ОЛІЙ НА БІОСИНТЕТИЧНІ МАТЕРІАЛИ

Науково-дослідною лабораторією (НДЛ) композиційних матеріалів (КМ) Хмельницького національного університету (ХмНУ) накопичений чималий досвід вирішення актуальних і багатоаспектних, в першу чергу екологічних, ресурсних, хімічних, технологічних проблем сучасного поліфункціонального матеріалознавства за двома науково-технологічними напрямками:

- *розроблення теоретичних і технологічних основ комплексної цілеспрямованої переробки олій на біосинтетичні матеріали передбачуваних структур, визначених властивостей та різногалузевих призначень, але в першу чергу паливно-мастильної галузі (в т.ч. і біопалива);*

- *виробництво за запатентованою технологією (яка неперервно удосконалюється та реалізується на спеціалізованому обладнанні) антифрикційних матеріалів визначених властивостей і призначень, зокрема: а) композитів, сформованих із фторопластів і вуглецево-волокнистих наповнювачів; б) фторопластових покриттів поверхонь металевих конструкцій методом електроосадження з наступним спіканням.*

Постановка проблеми переробки олій. Серед олій як естерних структур біологічного походження (так званих тригліцеридів), умовно виділяють групу технічних олій, зокрема: ріпакову (ріпол), соєву генетично модифіковану (соєол-гм), рицинову (рицол), пальмову (палол). Крім того, статусу технічних набувають за певних умов і харчові олії, зокрема соняшникова, соєва. Саме технічні олії за своїми фізико-хімічними і функціональними властивостями, в першу чергу такими як в'язкість, температури замерзання та спалаху, антифрикційність, біорозкладаємість тощо, є найбільш спорідненими до цієї низки практично важливих матеріалів хіміко-технологічних галузей, наприклад: паливно-мастильних, мономерних, миючих засобів, фармацевтичних тощо (рис.1).

За даними опублікованих в галузевому журналі «Масложировой комплекс» (м. Дніпропетровськ) техніко-економічних оглядів та експертних оцінок стану виробництва технічних олій та технологій їх переробки, а також перспектив їх розвитку можна зробити певні висновки.

- Україна, завдяки сприятливим кліматичним і агротехнічним умовам має

потужний потенціал виробництва олій взагалі і особливо ріполу та соєолу-гм – базових технічних олій як біопоновлювальної, екологічно безпечної і ресурсозберігаючої сировини, яка до сих пір використовується надзвичайно обмежено і не раціонально.

- Щорічно не менше 85% всього обсягу вироблюваних в Україні ріполу і соєолу-гм експортується, отже техніко-економічна доцільність переробки цих олій на нові біо синтетичні матеріали є очевидною.

- Упровадження інноваційних переробних технологій цілком визначається рівнем дослідженості даної проблеми, а отже й інноваційністю розробок, проєктів. Проте надзвичайно обмеженими з точок зору фінансування, матеріального забезпечення та концентрування інтелектуального потенціалу дослідників у єдиному центрі є дослідження перспективних, економічно доцільних напрямків, методів, способів і технологій переробки олій на якісні, екологічно безпечні біосинтетичні матеріали (рис. 1).

- Зовсім не використовується можливість такого найбільш доцільного і раціонального напрямку як комплексна переробка технічних олій з одночасним виробництвом біоматеріалів певного асортименту (у т. ч. і біопалива, зокрема дизельного) на засадах ресурсо-, енерго- і еколого-зберігаючих технологій (рис. 1).



Рис. 1. Структурно-логічна схема концептуальних підходів до системного вирішення проблеми комплексної переробки олій на біосинтетичні продукти і матеріали

- Не використовується можливість переробки базових олій (ріполу і соєолу-гм) у вигляді оптимізованих композицій цих олій з домішками таких допоміжних олій як рицол чи палол, що Україна імпортує в достатній кількості і що є високоякісними за своїми функціональними властивостями, а отже і

конкурентоздатними за відношенням до базових олій.

Досить актуальна проблема переробки олій тісно пов'язана з не менш актуальною проблемою інноваційного оновлення всього асортименту традиційних матеріалів таких галузей як паливно-мастильна, хімічна, нафтохімічна, фармацевтична, харчова тощо на засадах комплексного вирішення питань ресурсо-, енерго-, і екологізбереження. Відомо, що традиційне матеріалознавство як таке, що базується на мінеральній, екологічно небезпечній, ресурснообмеженій і все гіршої якості сировині, вичерпало, значною мірою, свій техніко-економічний потенціал. Суттєвим недоліком, а відтак і гальмом сучасного стану вирішення проблеми переробки таких олій як ріпол та соеол-гм є його налаштованість на виробництво лише одного продукту – біопалива (як правило дизельного) та ще і на невиправдано потужних, віддалених від основних постачальників олій і, головне, споживачів палива, підприємствах.

Нові, специфічної структури і властивостей біопродукти із технічних олій можна умовно назвати біосинтетичними, тобто такими, які сполучають в собі кращі функціональні властивості матеріалів мінерального, синтетичного і біосинтетичного походження. Причому, цей *новий різновид продуктів і матеріалів характеризується низкою особливостей, зокрема:*

- більшою біорозкладаємістю у порівнянні із матеріалами мінерального чи синтетичного походження, причому, як на стадії їх виробництва із поновлювальної сировини, так і в перебігу їх експлуатації;

- за своїми функціональними властивостями вони не поступаються кращим традиційним матеріалам (які вже досягли своєї консервативності), а в більшості випадків і перевершують їх, оскільки переробні процеси передбачають, як правило, можливість планувати досягнення певних визначальних властивостей нових матеріалів;

- навіть теперішній, досить низький рівень дослідженості переробних процесів дозволяє поряд із біопаливом виробляти біосинтетичні матеріали широкого асортименту і призначень;

- техніко-економічна доцільність виробництва нових матеріалів певних галузевих призначень визначається ще і тим, що їх пропонується виробляти із доступної поновлювальної і екологічно «чистої» сировини, на одному і тому ж виробничому комплексі оптимізованої потужності, побудованому за модульним принципом (рис. 2) та ще і за досить простими технологічними процесами, що реалізуватимуться на відомому стандартизованому обладнанні;

- асортимент і галузі використання біосинтетичних матеріалів як такі, що визначаються рівнями дослідженості проблеми та розробленості методів і технологій переробки олій, повинні мати тенденцію до постійного розширення, а отже і до зниження їх собівартості.

У розробці інноваційних методів і технологій переробки олій слід спиратися на певні концептуальні засади, зокрема: а) на необхідність ціленаправленої хімічної модифікації не зовсім досконалих триацилгліцеринних структур олій з одержанням нових, більш досконалих хімічних структур біосинтетичних продуктів з визначеними властивостями (див. рис. 1); б) на системність і комплексність науково-технічних пошуків і підходів до вирішуваної проблеми (рис. 1).

Здобутий досвід дозволив окреслити певні техніко-економічні тенденції формування методів і технологій переробних процесів, а також подальшого і найбільш доцільного їх розвитку:

- модульність побудови технологічних процесів та організації виробництва біопродуктів широкого асортименту і різногалузевих призначень, зокрема за принципом комбінування двох, трьох чи навіть чотирьох виробничих модулів, однотипних за технологіями та устаткуванням (рис. 2);
- досягнення практичної безвідходності всіх технологічних процесів та замкнутості всіх матеріальних потоків між модулями (рис. 2);

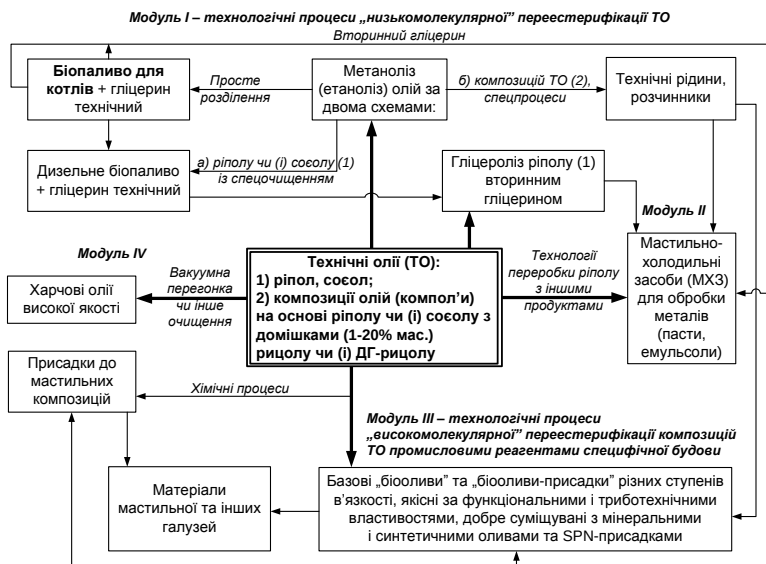


Рис. 2. Структурно-системна модель модульно побудованого проекту комплексної переробки технічних олій

- налаштованість розроблених процесів передусім на малу чи середню їх потужність з виробництвом необхідного і достатнього асортименту біопродукції, в т.ч. і біопалива (зокрема дизельного) з міжрайонним (зональним) розміщенням, а отже і максимальною наближеністю переробних комплексів як до постачальників олій, так і до споживачів продукції;

- найбільш доцільним напрямком комплексної переробки олій є хімічна модифікація їх оптимізованих композицій (комполів), одержуваних на основі базових олій сесолу-гм чи (і) ріполу з домішками в межах 5–25 % мас. таких специфічних за будовою і властивостями чи допоміжних олій як рицол чи (і) палол, що дозволяє покращити якісні показники біосинтетичних матеріалів;

- доведено необхідність диференційованого підходу до переробки як окремих олій, так і компол'ів (рис. 2 і рис. 3), зокрема: ріпол краще переробляти

на біопаливо, мастильно-холодильні засоби (МХЗ) для обробки металів, технічні рідини і проміжні продукти для подальшої переробки; тоді як соеол-2м і компол'ї пропонується переробляти на базові біосинтетичні оливи, оливи-присадки, мономери, проміжні і допоміжні продукти для хімічної, нафтохімічної, фармацевтичної промисловості та для товарів побутової хімії.



Рис. 3. Структурно-системна модель процесів переробки ріпакової олії (ріполу) на біопалива та мастильно-холодильні засоби (МХЗ) для обробки металів

Біопалива і проміжні біопродукти передбачається виробляти в процесах первинної переробки (модуль I) як окремих олій, так і, особливо, оптимізованих композицій кожної з них із рицолом чи палолом, так званих компол'ів типу ріприцолів-п, соєрицолів-п, де п – вміст рицолу чи палолу в композиціях в межах 5–25 % мас. Провідними процесами цього модуля є метаноліз і гліцероліз олій. Метаноліз (рідше етаноліз) дозволяє перетворювати олії і компол'ї у метилові (етилові) естери вищих жирних кислот (ВЖК), похідних від триацилгліцеринів олій з накопиченням в цьому процесі вторинного (втор.) гліцерину. Гліцероліз олій і компол'ів здійснюють втор. гліцерином з метою перетворення триацилгліцеринів переважно в 2-гідрокси-1,3-діацилгліцерини.

Використання продуктів переробки олій. Дослідженням встановлені найбільш раціональні напрямки використання нових біопродуктів, одержуваних на певних стадіях переробки олій за модульним принципом: за модулем I – біопалива і проміжні продукти (рис. 2), за модулем II – виробництво МХЗ (рис. 3), за модулем III – біооливи, оливи-присадки, мономери тощо (рис. 2).

Дослідженням показано, що найбільш раціональним і доцільним напрямком використання біосинтетичних продуктів із олій є створення на їх основі

оптимізованих за складом і функціональними властивостями, а також за експлуатаційними і техніко-економічними показниками спеціальних композицій із традиційними мінеральними (нафтового походження) чи (і) синтетичними товарними продуктами. Причому, нові біопродукти повністю суміщуються із базовими мінеральними і синтетичними оливами, а також добре розчиняють сучасні присадки і пакети присадок всіх типів. Отже, таким чином, створені композиції можуть містити в своєму складі нові біопродукти в межах 25–50% мас. Такі нові композиції різного складу і призначень можна умовно назвати біосинтетично-мінеральними, наприклад, біомінеральні палива, базові оливи, мастильні композиції, мономери, миючі засоби тощо. Метиллові естери ВЖК (скорочено «ме-ВЖК»), похідні від ріполу (мерол) використовують як біопалива двох типів: котельне, без попереднього очищення; дизельне – після розчищення спеціальними методами. Причому, обидва типи біопалив добре суміщуються із мінеральними паливами і можуть використовуватись у вигляді біосинтетично-мінеральних композицій із спецприсадками. Крім того, їх можна використовувати і як технічні рідини та розчинники, наприклад, в процесах сульфидування, епоксидування, амідкування олій (частіше соеолу-гм, рідше – ріполу) з попереднім приготуванням їх розчинів із ме-ВЖК складу олія: «ме-ВЖК» в межах від 0,25:1 до 1:1 з одержанням базових біоолів та біоолів-присадок.

Особливого значення набувають ме-ВЖК, похідні від соеолу-гм та композицій соколу із рицолом чи (і) палолом як проміжні продукти для вторинної переробки на компоненти для приготування біоолів, біомономерів, миючих засобів тощо.

Заслужують особливої уваги проміжні біопродукти, одержані в процесах метанолізу, гліцеролізу і гліколізу, як такі що містять вільні гідроксильні (ОН) групи і які доцільно використовувати для синтезу нового типу матеріалів – біоолів-присадок. Саме такі біопродукти можуть містити трибо-хімічно активні елементи: фосфор, а також сульфідну сірку та гетероциклічний нітроген. Тобто мова йде про полі функціональні біооливи – SP- та SPN – присадки.

Продукти гліцеролізу ріполу, соеолу-гм та композицій типу соєрицол-п, соєпалол-п тощо наприклад гліцерол, гліцесол, гліцесоєрол-п найбільш доцільно використовувати за такими напрямками: а) гліцерол – важливий емульгаторний і диспергаторний компонент у виробництві МХЗ для обробки металів, а також як відповідна присадка до мастильних композицій; б) гліцесол – проміжний продукт у виробництві сульфід- і епоси-вмісних біоолів, які добре суміщуються із мінеральними оливами та якісними традиційними SP – присадками, тобто слугують ресурсозберігаючим компонентом при виробництві біосинтетично-мінеральних композицій різних властивостей і призначень; в) гліцесорол-п – важливий хімічно-активний компонент (зокрема в композиціях із ме-ВЖК, похідних від соєрицолу-п) у виробництві біоолів – SP чи SPN – присадок поліфункціональної дії. Способи і методи одержання деяких біоолів та біоолів-присадок за технологіями гліцеролізу та гліколізу олій та комполів захищені патентами на винаходи.

Мастильно-холодильні засоби (МХЗ) для обробки металів пропонується виробляти у формі одного базового продукту – пластичної пасти потрібного використання на основі переробки ріполу в т.ч. і низькосортного, з високими

значеннями кислотного числа та вмісту ацилів ерукової кислоти (рис. 3). Пасту зручно транспортувати на будь-які відстані до замовників і вже безпосередньо у них за дуже простою технологією готувати будь-які типи МХЗ відповідно до технологічних процесів і вимог. Як сама паста так і всі типи емульсій легко коригуються за складом і властивостями, тобто доводяться до необхідних за вимогами функціональних властивостей і потреб будь-яких процесів обробки. Технологія виробництва МХЗ захищена патентом на винахід; крім того, розроблені регламент, технічні умови, санітарно-гігієнічний паспорт, а також одержані всі необхідні експертні висновки.

Пропозиції стосовно подальшого дослідження проблеми, аналізу результатів його та розроблення на їх основі проекту комплексної переробки олій на біосинтетичні матеріали:

- Проект такого обсягу, поліаспектності і масштабу повинен готуватись за певним алгоритмом: від закладених в нього науково-технічних ідей, пропозицій, методів, рішень тощо і аж до певного рівня його завершеності та готовності до проектування технологічних процесів і виробництва біопродукції і, крім того, він повинен виконуватись колективом науковців, інженерів та обслуговуючого персоналу під керівництвом спеціалістів, які заклали науково-технічний «фундамент» дослідження даної проблеми і визначили найбільш раціональні напрямки, методи і технології її вирішення.

- Успішність підготовки проекту визначається значною мірою рівнем підготовленості єдиного науково-технічного центру, де були б сконцентровані інтелектуальний потенціал, організаційно-виконавчий персонал, фінансові та матеріально-технічні ресурси тощо.

Зусиллями співробітників НДЛ КМ ХмНУ виконаний певний обсяг науково-технічних досліджень і розробок, викладених в 40-ка наукових публікаціях (статтях, патентах на винаходи, матеріалах конференцій), зокрема:

- сформовані теоретичні і прикладні основи даної проблеми;
- визначені пріоритетні напрямки, методи і технології переробки олій;
- розроблені моделі, які ілюструють концептуальні ідеї, підходи, принципи і процедури реалізації проекту;
- одержані експериментальні зразки низки нових біосинтетичних продуктів різної структури, властивостей і призначень, визначені їх головні фізико-хімічні і функціональні властивості;
- проведено першочергові лабораторні і напівпромислові випробування нових продуктів в якості компонентів для мастильних матеріалів;
- впроваджено у напівпромислове виробництво технологічний процес одержання нових МХЗ для обробки металів з постачанням їх споживачам.

УДК 665

Wu Yao, Shi Jian Bo, Lin Zhong Wei,
Civil Aviation University of China,
Tianjin Binhai International Airport,
300300, Tianjin, P.R.China

STUDY ON SYNTHESIS AND REGENERATION

OF HIGH OIL-ABSORPTION RESIN

Pollution of various oil on ocean is more and more serious and damages ecology environment in the last years. More and more scientists work on developing a new type of material to eliminate pollution in order to solve that problem. Lately intreatment of oil pollution some scientists had prepared Super Oil Absorption Resin (SOAR) which is mainly acrylate. This paper provides a kind of high oil-absorption resin that is synthesise by dodecyl methacrylate and styrene as monomer, divinylbenzene as crosslinker, benzoyl peroxide as initiator, and the disperser polyvinyl alcohol.

Structure and performance of the resins were investigated by means of FTIR, DSC-TGA,SEM, Oil Absorption times,Oil absorption speed, Oil Retention, floating oil Absorption power,Oil Removal Ratio. It's show that the resin has heat-resistant performance, tall Oil absorption power and the better recycling. The best mass ratio of alkyl methacrylate type is mass ratio of dodecyl methacrylate to styrene 2: 3, crosslinker divinylbenzene 0. 8% initiator benzoyl peroxide 2% disperser polyvinyl alcohol 1% seven hours as the time .

УДК 629.5.03-08:621.431.36

Горбов В. М., Мітснкова В. С.
Національний університет кораблебудування
ім. Адмірала Макарова, Україна

ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ БІОДИЗЕЛЬНИХ ПАЛИВ У СУДНОВИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВКАХ

Сучасний морегосподарський комплекс України відчуває серйозні проблеми з нафтовими паливами, тому виникає необхідність пошуку, впровадження й ефективного використання альтернативних палив (АП) у судновій енергетиці. Перспективною альтернативою на сьогоднішній день є біодизельні палива (БД) для малотоннажних суден прибережного й внутрішнього районів плавання.

Це обумовлюється наступними чинниками:

- паливо виробляються в промислово значущих об'ємах;
- воно пристосовано для спалювання в судновому енергетичному устаткуванні;
- воно не токсично, внаслідок його використання знижується рівень шкідливих викидів з суден (підвищується екологічна ефективність), крім того є відновлюваним;
- його вартість корелюється з вартістю традиційних морських палив;
- існує позитивний досвід застосування даного палива на судах.

При аналізі можливості застосування АП на судні необхідно оцінити їх вплив на такі елементи суднової енергетичної установки (СЕУ): на паливну систему (можливість здійснення бункерування, необхідність модернізації схем існуючих паливних систем, особливості зберігання і підготовки палив, раціональні параметри устаткування для підготовки палив); на двигун (ефективні показники роботи, екологічні параметри, особливості протікання робочого процесу); на

енергетичну установку в цілому (визначити, що показники СЕУ і яким чином залежать від обраного палива, встановити характер та форми представлення комплексного показника ефективності).

БД за багатьма своїми фізико-хімічними характеристиками близькі до дизельних нафтових палив (ДП), тому при використанні їх на судні можливо застосовувати стандартне обладнання паливних систем та спалювати їх у звичайних дизельних двигунах. В той же час, для забезпечення ефективної роботи на чистих біодизельних паливах (В100) та їх сумішах, проектування та експлуатацію СЕУ потрібно здійснювати з урахуванням специфічних особливостей цього відновлюваного альтернативного палива.

В100 або його суміші в різних пропорціях з ДП використовують на невеликих та середніх судах прибережного або внутрішнього району плавання (пороми, пасажирські, круїзні, риболовецькі, дослідницькі судна, поліцейські катери та судна берегової охорони, яхти). У Франції біодизельне паливо використовують як добавку, в кількості 30 %, до палива для суден військово-морського флоту, є проект використання сумішевих палив і для військових кораблів у Великій Британії. У США та Канаді на водному транспорті широко застосовується паливо В20. У Новій Зеландії побудовано судно «Earthrace», що працює лише на біопаливі. На біодизельному паливі та його сумішах працюють двигуни таких виробників як Cummins, Caterpillar, Wärtsilä, MAN B&W Diesel, John Deere. Ці компанії офіційно заявили про свої наміри поширювати подальше використання БД та представили рекомендації щодо особливостей експлуатації двигунів на цьому паливі.

Урядом Канади був успішно реалізований проект BioMeg по використанню чистого біопалива та його сумішей з дизельними паливами на круїзних судах у Квебеку. На сьогоднішній день це найбільш масштабний проект, пов'язаний з дослідженням основних параметрів суднового обладнання при застосуванні БД.

Оскільки БД за своїми характеристиками досить близьке до ДП, основні задачі визначення раціональних параметрів обладнання паливних систем СЕУ при використанні цього палива наступні:

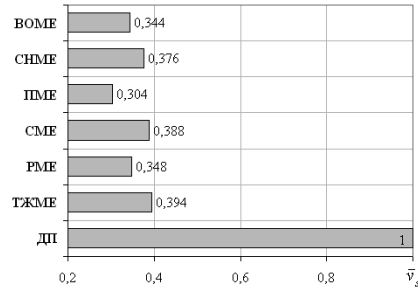
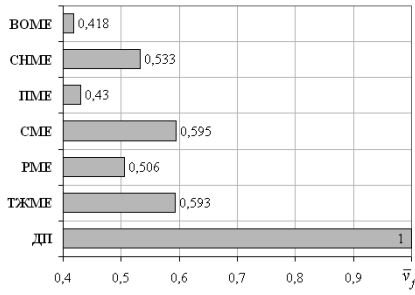
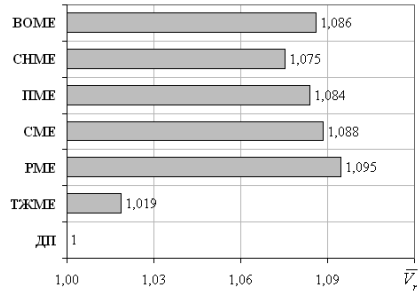
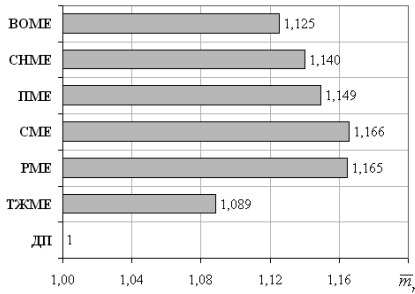
- виділити основні характеристики паливних систем, які будуть змінюватися;
- визначити змінення даних характеристик у разі використання в системах В100 з різної сировини, різних зразків В100 з однієї сировини, сумішей з низьким вмістом БД (до 20 %), сумішей з вмістом БД від 20 до 100 %.
- на основі аналізу отриманих даних надати рекомендації щодо визначення характеристик паливних систем.

Під час дослідження визначалися наступні характеристики основного обладнання паливних систем: маса та об'єм запасів палива на рейс, потужність приводів насосів перекачування палива, швидкість фільтрації та сепарації. Проведено співставлення характеристик систем при використанні В100 з різної сировини, чистого біодизельного палива з однієї сировини різних зразків, сумішей з низьким вмістом БД (до 30 %) та вмістом від 20 до 100 %. Розрахунки проводилися згідно з матеріалами, представленими в.

На рис. 1 наведені отримані результати для таких палив: ДП, метиловий ефір з тваринного жиру (ТЖМЕ), ріпаково-метиловий ефір (РМЕ), соєво-метиловий ефір (СМЕ), пальмово-метиловий ефір (ПМЕ), соняшниково-метиловий ефір

(СНМЕ), метиловий ефір використаної кухарської олії (ВОМЕ). Фізико-хімічні характеристики біодизельних палив, які являють собою метилові ефіри жирних кислот, приймалися відповідно до даних, представлених в для ТЖМЕ, СМЕ, ПМЕ та СНМЕ, в для ВОМЕ та РМЕ. Дані наведені у відносному вигляді, за одиницю прийняті відповідні значення для ДП. Аналіз наведених матеріалів свідчить про те, що в залежності від вихідної сировини потрібна маса палива може збільшуватися майже на 17 %. Потрібний відносний об'єм паливних цистерн – на 10 %, що пов'язано з меншою теплою згоряння біодизельних палив. Для перекачування В100 потрібна потужність насосів може збільшуватися до 50 %. Швидкість фільтрації може зменшуватися до 2,5 разів, сепарації – майже втричі.

Визначалися зміни відносних характеристик паливних систем при використанні палив із вмістом БД від 0 (чисте ДП) до 100 % (В100). Показники визначалися при використанні ДП з низьким вмістом сірки та біодизельного палива з сої для двох зразків. Для першого зразка були взяті ДП з цетановим числом 47,1 та В100 із цетановим числом 55, для другого – з 43,5 та 51,1, відповідно. Для даного варіанту характеристики паливної системи пропорційно змінюються у залежності від концентрації біодизельного палива в суміші та мають практично лінійну залежність. Відносна маса запасів палива збільшується майже на 16 %, об'єм паливних цистерн – на 10 %, потужність приводів насосів – майже на 50 %, швидкість фільтрації та сепарації зменшуються на 35–40 % та 50–55 %, відповідно.



В

Г

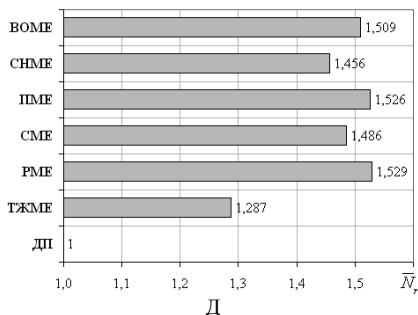


Рис. 1. Характеристики паливних систем СЕУ при використанні дизельного палива та біодизельного з різної сировини:

a – відносна маса запасів палива; b – відносна ємність паливних цистерн;
 v – відносна швидкість фільтрації; z – відносна швидкість сепарації;
 d – відносна потужність приводу насоса перекачування

Також було проведено порівняння параметрів ПС при використанні В100 з однієї сировини 27 різних зразків, фізико-хімічні характеристики яких відповідають міжнародним стандартам якості і приведені в доповіді Survey of the Quality and Stability of Biodiesel and Biodiesel Blends in the United States in 2004: Technical report / [R. L. McCormick, T. L. Alleman, M. Ratcliff and others]. – NREL/TP-540-38836. – USA: National Renewable Energy Laboratory, 2005. – 60 p.. Різниця між значеннями густини розглянутих палив до 1,5 %, в'язкості – до 18,2 %. Пропорційно густині та в'язкості змінюється ємність паливних цистерн та швидкість фільтрації, відповідно на 1,54 та 18,4 %. Потужність приводів перекачувальних насосів для різних В100 зростає лише на 3,5–4 %, а швидкість фільтрації сепарації – майже на 22 та 29 %, відповідно.

Аналогічні розрахунки були проведені і для сумішей дизельного та біодизельного палив з вмістом останнього до 30 %, такі суміші найчастіше використовуються в двигунах, їх фізико-хімічні характеристики представлено в доповіді (Survey of the Quality and Stability of Biodiesel and Biodiesel Blends in the United States in 2004: Technical report / [R. L. McCormick, T. L. Alleman, M. Ratcliff and others]. – NREL/TP-540-38836. – USA: National Renewable Energy Laboratory, 2005. – 60 p.). Переважна кількість зразків – це В20. В залежності від вмісту біодизельного палива в суміші (7–28 %) та його властивостей маса запасів палива збільшується на 2,7 %, ємність паливних цистерн – на 1,7 %, потужність приводів насосів – на 8,7 %, швидкість фільтрації та сепарації знижується на 22,3 та 24 %, відповідно, порівняно з дизельним паливом.

Окрім механічної підготовки палив повинна передбачатися і хімічна, тобто застосування присадок. Аналіз експлуатаційних якостей біодизельних палив дав змогу визначити основні типи присадок, які бажано застосовувати для забезпечення нормального функціонування суднових енергетичних установок.

Для БД рекомендується обов'язково застосовувати такі типи присадок:

– антимікробні (паливо являє собою метилові або етилові ефіри жирних кислот, які є досить сприятливим середовищем для розвитку мікроорганізмів);

– антиоксидантні (при тривалому зберіганні в умовах відносно високих температур, попаданні вологи, контакті з деякими металами, недостатньому очищенні палива від жирних кислот та гліцерину БД досить швидко окиснюється);

– для зниження температури застигання (значення цієї характеристики для БД з різної сировини становить $(-2 - +14)^{\circ}\text{C}$, для дизельного палива це значення за вимогами стандартів становить $(-25 - -10)^{\circ}\text{C}$);

– хелатувальні, оскільки тривалий контакт БД з такими матеріалами як мідь, латунь, бронза, свинець, олово та цинк може призвести до зростання швидкості процесу розкладання і, як наслідок, до утворення відкладень.

Хелатувальні присадки, що зв'язують важкі метали з органічними сполуками, з яких переважно і складається біодизельне паливо, можуть знижувати або навіть усувати негативний вплив від їх присутності.

Під час використання B100 або сумішей з високою концентрацією біодизельного палива (більше 50 %) рекомендується застосовувати такі матеріали, як аустенітні неіржавіючі сталі, поліетилен, поліпропілен, рітон (поліпропілен сульфід – високоякісний клей, який використовують для обладнання, що контактує з агресивними середовищами), PVDF (поліфторид вінілідену, термопластична маса). Як матеріал ущільнювачів застосовують нітрил, вітон або синтетичну гуму (фторополімерний еластомер), PTFE або тефлон (політетрафторетилен – один з кращих антифрикційних матеріалів), EPDM (етіленпропиленовий каучук).

У результаті проведеного дослідження встановлено, що характеристики паливних систем для біодизельного палива залежать від вихідної сировини, вмісту БД в суміші, фізико-хімічних показників.

Результати аналізу проведених розрахунків паливних систем СЕУ для біодизельних палив дозволили визначити рівень раціональних параметрів паливних систем СЕУ при проектуванні та підборі обладнання.

УДК 621.83

Мішук О. О., Павловський А. П., Цаплій М. П.

УкрНДІНП “МАСМА”, Україна

Горпинко Ю. Л.

ВАТ “АЗМОЛ”, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ КИСЛОТНО-ЛУЖНИХ КОМПЛЕКСІВ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ МАСТИЛ

Перспективним напрямом забезпечення багатфункціональності мастильного матеріалу є розробка технологій, що обумовлюють комплекс його кислотно-лужних властивостей. Актуальною сучасною тенденцією є використання екологічно чистої сировини, компонентів, наповнювачів тощо. Ефективним, зокрема, є створення кислих продуктів омилення жирних кислот, тобто кислих мил. Це стає можливим за умов неповного омилення кислот, наприклад, у випадку речовин з розгалуженою молекулярною структурою та утворення внутрішньо та

міжмолекулярних комплексів мило-кислота. На відміну від вільних кислот реакційна здатність карбоксильної групи в такому комплексі обмежується стерично, що обумовлює подовжений термін її існування навіть у лужному середовищі. Зокрема, середньо лужне мастило, створене із застосуванням комплексів кислих мил, не виявляє за нормальних умов корозійної дії на сталь та мідь, але в умовах експлуатації ефективно взаємодіє з поверхнею металу, прискорюючи формування захисних структур.

Перспективним також є застосування в якості наповнювачів екологічно чистих (у порівнянні з MoS_2 , PbO , графітом тощо) оксидних сполук перехідних металів, наприклад, порошковатих оксидів титану. Відомо, що поверхня оксидних частинок складається з низки кислотних та лужних центрів. Це обумовлює можливості різної взаємодії цих частинок з робочою поверхнею металу та мастильним середовищем, протікання процесів комплексотворення та формування багатофункціональних поверхневих комплексів. Наприклад, механохімічні перетворення частинок оксидів титану в зоні тертя уможливають створення комплексів титанових мил, ефективність яких доведена.

Поряд з цим, однією з характерних властивостей оксидів перехідних металів є їх доволі висока твердість. Загалом, однак, не викликає сумніву ефективність подібних порошковатих матеріалів з частинками наноскопічного розміру. Але внаслідок застосування порошковатих наноматеріалів у виробництві мастил враз гостро постають питання екологічної безпеки.

Використання ж оксидного наповнювача з частинками мікронного розміру сприяє абразивному пошкодженню поверхонь тертя та інтенсивнішому зношуванню металу. Цей ефект посилюється із збільшенням розміру частинок. Однак, у площині економічної доцільності та здешевлення кінцевого продукту залишається актуальним розв'язання проблеми застосування оксидних наповнювачів усе ж такі з частинками мікронного розміру.

Метою роботи було дослідження антифрикційної та протизношувальної ефективності мастил, що містили в своєму складі кислотно-лужні комплекси, та вивчення можливості використання в цьому сенсі екологічно чистих порошковатих оксидних наповнювачів мікронного розміру.

Об'єктами досліджень були наступні зразки.

Зразок 1 – лужне, загалом, мастило на основі кальційового мила суміші смоляних кислот та кислот, виділених зі світлих рослинних олій. Незважаючи на значний надлишок лугу в структурі мастила внаслідок використання в його рецептурі певної пропорції суміші ненасичених жирних кислот різного стеричного типу існують недоомилені (тобто, кислі) комплекси кальційового мила суміші вказаних кислот. Як було виявлено, зразок мав покращені в порівнянні з аналогами адгезію до поверхні металу та антикорозійні властивості.

Зразок 2 – кисле мастило на основі неомиленого розчину каніфолі в циліндровій оливі.

До вказаних зразків мастил додатково вводили зразки порошковатого двооксиду титану з частинками мікронного розміру та різним типом поверхні.

Вказані зразки мастил як з наповнювачем, так і без нього досліджували двома способами. У першому випадку мастилом повністю заповнювали мастильну камеру пристрою тертя та, таким чином, повністю покривали ним пару тертя.

В іншому випадку мастильним матеріалом лише намащували поверхню всієї пари тертя перед випробуванням. Мастильну камеру в цьому разі не заповнювали та залишали вільною від мастильного матеріалу.

Трибологічні властивості мастил досліджували на чотирикульковому пристрої тертя в широкому діапазоні частоти обертів 0–4000 хв.⁻¹.

Ефективний діаметр зерен та хімічний склад різних зразків наповнювача, а також поверхні тертя сталі досліджували методами растрової електронної мікроскопії (РЕМ) та електронної Оже-спектроскопії (ЕОС).

Найкращими за результатами проведених досліджень, в цілому, можна вважати антифрикційні та протизношувальні властивості зразка 1 без наповнювача та зразка 2, до якого вводили порошок діоксиду титану з гідратованою поверхнею зерен.

Результати проведених досліджень засвідчили, що частотні залежності коефіцієнта тертя мають складний (екстремальний) характер, що є наслідком перебігу процесів окиснення та відновлення, механохімічного та абразивного зношування в контактній зоні тертя. У загальному випадку можна виділити чотири піддіапазони частоти обертів, у межах яких на поверхнях тертя сталі утворюються різнотипні захисні поверхневі структури. Згідно з раніше прийнятою нами термінологією це: поверхневі структури адсорбційного (хемосорбційного) типу, а також поверхневі структури, що утворюються під впливом процесів відновлення, окиснення та цементації поверхневих шарів металу в оточенні мастильного матеріалу.

Введення оксидного наповнювача до зразків 1 та 2 призводило до суттєвих змін коефіцієнта тертя в усьому діапазоні частоти. Абразивне зношування пари тертя внаслідок додавання оксидного наповнювача проявило себе в другому піддіапазоні частоти обертів (піддіапазоні інтенсивного відновлення поверхонь тертя). Особливо сильний абразивний ефект зафіксовано для випадку двооксиду титану з «очищеною» внаслідок прокалювання поверхнею частинок.

У випадку зразка 1 оксидний наповнювач незалежно від характеру підготовки поверхні його частинок суттєво збільшував коефіцієнт тертя. Вважаємо, що частинки оксидної гетерогенної фази руйнують кислі комплекси в структурі зразка 1, що порушує антифрикційну ефективність мастила в цілому.

Додавання двооксиду титану з «очищеною» поверхнею частинок до зразка 2 сприяло зменшенню коефіцієнта в четвертому піддіапазоні частоти обертів, що обумовлено зміною перебігу процесів цементації поверхонь тертя сталі. З іншого боку, в цьому випадку різко зростав коефіцієнт тертя у третьому піддіазоні (піддіапазоні протікання окиснювальних процесів).

У разі додавання до зразка 2 порошків оксиду з гідратованою поверхнею зерен придушується вплив абразивного чинника (другий піддіапазон частоти обертів). Окрім цього, коефіцієнт тертя для цього випадку має найменше серед інших зразків значення в піддіапазоні найінтенсивнішого окиснення поверхонь тертя (третій піддіапазон) та за умови інтенсивного протікання в поверхневих шарах сталі цементаційних процесів (четвертий піддіапазон).

Ефективність мастил та наповнювача підтверджено і за умови нанесення мастильних зразків у вигляді плівки на поверхнях куль пари тертя. Випробування проводили до частоти обертів, за якої втрачалась працездатність мастильної

плівки та відбувалося схоплення поверхонь пари тертя, що супроводжувалося різким сплеском сили тертя.

Значно інтенсивніший доступ атмосферного кисню у випадку нанесення мастильної плівки суттєво посилює окиснення зони тертя та сприяє процесам, характерним переважно для третього (окиснювального), а також четвертого (цементаційного) піддіапазонів частоти обертів. Оксидний наповнювач, введений до зразка з надлишком лугу (зразок 1), значно підвищував коефіцієнт тертя та в силу абразивної дії руйнував захисні оксидні плівки на металі, що пришвидшувало схоплення пари тертя.

Кисле середовище відновлює поверхню тертя в окиснювальному піддіапазоні частоти обертів, що стає причиною підвищеного коефіцієнту тертя. Введення двооксиду титану з гідратованою поверхнею до зразка 2 створювало ефект зменшення коефіцієнту на 20–30 %.

Антифрикційні властивості досліджених зразків корелюють з їх протизношувальними властивостями.

Зроблено висновки, що під час оцінки трибологічних властивостей мастильних матеріалів та покриттів необхідно розрізняти оболонку захисного шару мастильного покриття і тонкий граничний прошарок, що утворюється внаслідок взаємодії мастильного матеріалу з поверхнею металу. Найоптимальнішим є такий мастильний матеріал, активні компоненти якого під час відновлення граничного шару молекул на поверхні тертя діють синергетично з навколишнім атмосферним середовищем. Значного позитивного ефекту можна досягти, зокрема, коригуючи співвідношення лужних та кислотних властивостей мастильного матеріалу, як це було отримано у випадку зразка 1.

Значна трибологічна ефективність дослідженого оксидного наповнювача з частинками мікронного розміру мала місце у кислому середовищі (зразок 2) та за умови гідратованої поверхні його частинок. Відсутність абразивного впливу зерен оксиду на сталь у цьому випадку можна пояснити кількома чинниками, що, загалом, сприяють утворенню стійких до зношування поверхневих структур: кращою взаємодією між молекулами мастильного середовища, поверхнею тертя та частинками наповнювача, більшою ймовірністю подрібнення частинок оксиду в зоні тертя внаслідок, наприклад, ефекту Ребіндера тощо.

УДК 621.892:66.022.32

Курбатова М. В., Любінін Й. А.

УкрНДІ НП «МАСМА», Україна

Грінкевич К. Е.

Інститут проблем матеріалознавства ім. І.Н. Францевича НАН України, Україна

ВПЛИВ НАНОКРИСТАЛІЧНИХ ДИХАЛЬКОГЕНІДІВ ПЕРЕХІДНИХ МЕТАЛІВ НА ВЛАСТИВОСТІ БЕНТОНІТОВИХ МАСТИЛ

Відомо, що мікронні порошки дисульфідів молібдену та вольфраму широко застосовуються в якості твердих мастил та додатків до олив і мастил для покращення їх трибологічних властивостей. Завдяки досягненням в галузі

нанотехнологій, з'явилась можливість отримання додатків нанокристалічних дисульфідів молібдену і вольфраму. Це стимулювало розвиток досліджень процесів та механізмів тертя і зношування мастильних матеріалів за участю нанокристалічних з'єднань.

Відсутні дослідження нанокристалічних порошків дисульфідів молібдену та вольфраму в якості антифрикційних додатків до бентонітових мастил. Бентонітові мастила використовуються при підвищених температурах але мають досить низькі змащувальні характеристики.

Метою роботи було дослідження трибологічних властивостей бентонітових мастил з додатками нанокристалічних дисульфідів молібдену та вольфраму ($2H-MoS_2$, $2H-WS_2$).

Дослідні зразки мастил з додатками були отримані шляхом додавання до базового бентонітового мастила нанокристалічних порошків дисульфідів молібдену та вольфраму. Базове бентонітове мастило було виготовлене за традиційними технологіями. Для цього використовувалися такі сировинні компоненти: дисперсійне середовище – нафтова олива марки І-40; загусник – Баргель 3000.

Характеристики отриманих дослідних зразків бентонітового мастила визначалися за комплексом лабораторно-стендових методів. Трибологічні властивості мастил вивчали на чотирьохкульовій машина тертя ЧМТ-1 за ГОСТ 9490.

Одержані результати досліджень свідчать (табл. 1), що додавання нанокристалічних порошків $2H-MoS_2$, $2H-WS_2$ в базове бентонітове мастило практично не впливає на його реологічні та фізико-хімічні властивості, при цьому суттєво покращуються трибологічні показники отриманого мастила. Таким чином, бентонітові мастила з додатками нанокристалічних порошків дисульфідів молібдену та вольфраму достатньо перспективно використовувати у вузлах тертя, що експлуатуються при підвищених температурах (260–490 К), великих навантаженнях та помірних швидкостях (металургійна, цементна, керамічна та інші галузі промисловості).

Таблиця 1

Трибологічні властивості бентонітового мастила з додатками нанокристалічних дисульфідів молібдену та вольфраму

Показники	Базове бентонітове мастило	Бентонітове мастило з $2H-MoS_2$, 5 % мас.	Бентонітове мастило з $2H-WS_2$, 5 % мас.
Пенетрація, $m \cdot 10^{-1}$ ГОСТ 5346	252	265	260
Температура крапання, °C ГОСТ 6793	>250	>250	>250
Колоїдна стабільність, % ГОСТ 7142	2,6	2,1	2,3
Вміст води, % ГОСТ 2477	0,36	0,35	0,35

Випарність, % (при 120 °С) ГОСТ 9566	0,7	0,5	0,7
Навантаження критичне, Н	784	1170	1140
Навантаження зварювання, Н	1300	2320	2320
Індекс задиру, Н	361	522	482
Діаметр плями зношування, (при 392 Н), мм	0,87	0,81	0,65

УДК 665 6.013 (083.81) (5/9)

Лютый С. Н., Щербинина Л. А., Кочирко Б. Ф.
УкрНИИ НП „МАСМА”, Украина

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ УКРАИНЫ

Развитие нефтеперерабатывающей промышленности Украины является стратегической задачей экономического роста, защиты национальных интересов и безопасности государства.

Нефтеперерабатывающая и нефтехимическая промышленность Украины была практически сформирована за последние 35 лет.

Основу отрасли составляют шесть нефтеперерабатывающих заводов, которые корпоратизированы, контрольный пакет акций принадлежит крупным нефтяным компаниям: ОАО «Лукойл», ТНК-ВР и другим инвесторам. Общая мощность нефтеперерабатывающих предприятий по первичной переработке составляет около 50 млн. тонн в год. Загруженность мощностей отечественных нефтеперерабатывающих предприятий в среднем составила в 2009 г. – 20,9 % против 18,8% в 2008 г.

Отсутствие современных технологий, изношенность основного производственного оборудования, обуславливают необходимость завершения модернизации и реконструкции отечественных заводов.

Одним из основных показателей, характеризующим эффективность работы нефтеперерабатывающей промышленности, является глубина переработки нефти. На сегодня этот показатель составляет в отрасли 76,4 % против 75,1 % в 2008 г.

Повышение показателя глубины переработки нефти возможно только путем освоения новых современных технологий - процессов каталитического крекинга, гидрокрекинга, висбрекинга, коксования, изомеризации и алкилирования. Введение таких процессов в схему переработки заводов даст возможность увеличить глубину переработки нефти до 80–85 %, однако уровень глубины переработки нефти в экономически развитых странах мира составляет 92–98 %.

В настоящее время нефть в Украину поставляется из Российской Федерации – 66,1 %, Азербайджана – 8,0 %, Казахстана – 0,1 %. Остальное количество нефти потребляется за счет собственной добычи.

Как свидетельствует мировой опыт работы, эффективная работа нефтеперерабатывающих заводов (НПЗ) стран Запада основывается на принципах диверсификации поставок нефти, что позволяет не только обеспечить ритмичную поставку нефти на НПЗ, но и выбирать качественное сырье с учетом приемлемой цены. Поэтому за последние два года появились положительные сдвиги в отношении направления поставок нефти в Украину.

Кроме этого, в докладе приведен анализ объемов поставок и переработки нефти в Украине за 2005–2009 г.г., экспортно-импортные поставки нефтепродуктов в Украину, а также фактические данные по потреблению основных нефтепродуктов (бензина автомобильного, топлива для турбореактивных двигателей, дизельного топлива, мазута топочного) по регионам и отраслям промышленности Украины за 2009 г.

УДК 621.891

Мельник П. І., Петрик І. Я.

Івано-Франківський університет права імені Короля Данила Галицького, Україна

Крамар В. М.

Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича, Україна

ЕФЕКТ ЗМАЩУВАННЯ ВУЗЛІВ ТЕРТЯ З ТОЧКИ ЗОРУ ЕЛЕКТРОСТАТИКИ

Роль явища електризації у процесах тертя і пов'язаного з ним зношування поверхонь пар тертя становить предмет дослідження напрямку "трибоелектрика". Особливий інтерес викликає вивчення ролі цього явища в умовах зменшення тертя між поверхнями деталей при переході від ювенільного до гідродинамічного тертя, що пояснюється утворенням проміжної фази граничного тертя. Саме у цій фазі утворюються тонкі адсорбційні шари вуглеводневих молекул, які мають назву граничних шарів і обумовлюють різноманітні фізико-технічні ефекти на поверхнях пар тертя.

Для вивчення цього питання слід знайти розв'язок стаціонарного рівняння Шредінгера, яке у одноелектронному наближенні має вигляд:

$$\left(-\frac{\hbar^2}{2m} \nabla^2 + u_{\text{eff}}(\vec{r}) \right) \varphi_i(\vec{r}) = \varepsilon_i \varphi_i(\vec{r}). \quad (1)$$

Потенціальну енергію електрона у наближенні ефективного поля можна подати у вигляді суми

$$u_{\text{eff}}(\vec{r}) = V_D(\vec{r}) + u_{\text{xc}}(\vec{r}), \quad (2)$$

члени якої враховують взаємодії електрона, що знаходиться у стані $\varphi_i(\vec{r})$, з іонами ґратки, кулонівську і обмінну, – з рештою електронів кристалу. Аналіз поведінки u_{eff} показує, що електрони можуть тунелювати з об'єму кристалу назовні. Внаслідок цього на поверхні виникає подвійний електричний шар із густиною заряду, значення якого визначається щільностями електронів n і позитивних іонів $\bar{n}$. Тоді $u_{\text{eff}}(\vec{r})$ стає функцією n і розв'язок рівняння (1) можна шукати відносно n .

У випадку простих металів щільність електронів поблизу поверхні змінюється так:

$$n(z) = \frac{\bar{n}}{2} e^{-\beta z} \theta(z) + \frac{\bar{n}}{2} (1 - e^{-\beta z} \theta(-z)), \quad (3)$$

де β – параметр затухання електронної щільності, $\theta(z)$ – функція Хевісайда.

Самоузгоджений розрахунок величини $n(z)$ з використанням інтерполяційної формули дав змогу обчислити величини електростатичного $V_D(z)$ і загального $u_{\text{eff}}(z)$ потенціалів, а також висоту D потенціального бар'єру: при зміні γ від 2 до 5. Ця величина становить 7–0,5 еВ, що узгоджується з результатом напівемпіричного розрахунку – 1–3 еВ при $\gamma = 2$ –3.

Аналіз поведінки електронної системи у приповерхневих шарах дає підстави стверджувати, що відповідальним за утворення граничних молекулярних шарів мастильної рідини є електричне поле, що утворюється поверхневими станами. Оскільки молекули органічних кислот, що входять до складу технічних мастил, володіють власним дипольним моментом ~ 1 –2 D, то вони зазнають орієнтуючого впливу некомпенсованого поля кристалічної поверхні. Якщо молекули речовини володіють дипольним моментом $\vec{p}$, то величина вектора поляризації $\vec{P}$, що визначає її діелектричні властивості, залежить від напруженості орієнтуючого поля $\vec{E}$ за законом

$$P = NpL\left(\frac{pE}{kT}\right), \quad (4)$$

де N – кількість молекул, $L(x) = \text{cth}(x) - 1/x$ – функція Ланжевена.

У початковий період взаємодії пари тертя мастильна рідина не змочує поверхні. Відбувається майже сухе тертя, яке руйнує оксидну плівку на поверхні. Поява ювенільних частин металічної поверхні супроводжується зростанням напруженості некомпенсованого електричного поля E , що спричиняє адсорбцію молекул мастильної рідини, тобто появу захисного шару, який "розводить" поверхні. Товщина цього шару визначається значенням його діелектричної проникності. Зростання швидкості відносного руху пар тертя істотно збільшує площу ювенільної поверхні, при цьому збільшується товщина захисного шару, утвореного молекулами мастила, внаслідок зростання некомпенсованого поля E , що призводить до подальшого зменшення тертя. Одночасно інтенсифікуються процеси створення граничних шарів з участю полярних молекул, оскільки подальше збільшення швидкості спричиняє посилення поляризації $\vec{P}$ мастила за рахунок переважаючого орієнтування полярних молекул вздовж зростаючого поля E , що пояснює подальше зменшення тертя. За великих x $L(x) = 1$ відбувається насичення орієнтаційної поляризації, що тепер визначається тільки концентрацією N полярних молекул та величиною їх дипольного моменту $\vec{P}$.

Подальше збільшення швидкості може мати (як результат зростання некомпенсованого поля $\vec{E}$) один із двох наслідків: 1) адсорбцію на поверхні граничного шару неполярних молекул, 2) руйнування сильним полем зв'язків карбоксильних груп молекул типу масляної кислоти. Це призводить до появи молекул менших розмірів, що можуть мати власний дипольний момент $\vec{P}$, більший, ніж у материнської молекули. У цьому випадку, згідно (4), ступінь

орієнтаційної поляризації, здатної повністю компенсувати поле $\vec{E}$, досягається за меншої кількості молекул, що еквівалентне зменшенню товщини граничного шару, тобто спричинить погіршення антифрікційних властивостей мастила. Очевидно, тривалість терміну експлуатації технічних мастил лімітуються інтенсивністю незворотних процесів саме такого типу.

Отже, у рамках моделі електронної будови речовини показано, що поляризація молекул у процинах утворення граничних шарів антифрікційних рідин відіграє домінуючу роль.

УДК 504.064

Наумова А. О., Пашков А. П.
Національний університет «Києво-Могилянська академія», Україна

**ПРОБЛЕМИ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ПІД ЧАС ЕКСПЛУАТАЦІЇ
ТРАНСПОРТУ ТА ЗАХОДИ
ЩОДО ЇХ ЗАПОБІГАННЯ АБО СУТТЄВОГО ЗМЕНШЕННЯ
ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ**

Людина є невід’ємною складовою природи., тому її діяльність повинна здійснюватися в тісній гармонії з вимогами законів природи і бути підпорядкована їм. Тільки на таких засадах можна уникнути деградації природного середовища.

Проте наш час характеризується небаченими масштабами транспортних перевезень – як вантажних, так і пасажирських, як у державному, так і у власному застосуванні. Значна їх частина є безпосередньо складовою процесу виробництва у промисловості. Надзвичайна мобільність властива й людям: зростають швидкості й вантажопідйомність автомобілів, літаків, суден. Відповідно збільшується й масштаби шкоди, якої вони завдають природі.

Внесок різних видів транспорту в забруднення довкілля наведено у табл. 1.

Таблиця 1

Вид транспорту	Масова частка викидів				
	CO	Вуглеводів	SO ₂	NO _x	Аерозолів
Автомобільний	89.5	82.1	72.6	44.4	78.5
Залізничний	0.4	2.6	7.7	11.1	7.1
Водний	2.2	6.4	2.2	33.3	-
Повітряний	1.4	2.6	1.0		7.1
Інший	6.5	6.3	16.5	11.2	7.3

Таким чином, найбільшим винуватцем забруднення великих міст, тобто мегаполісів, таких, як Київ, є автомобільний вид транспорту. До того ж відомо, що легковий автомобіль у середньому збирає кисень в 100 разів, а вантажівка типу ЗИЛ-130 – у 200 разів більше, ніж одна людина.

У світі сьогодні нараховується 600 млн автомобілів, що створюють забруднення в мегаполісах до 70–90%. За 10 років кількість дорожньо-транспортних пригод у світі зросла на 10%, а смертність на 15%. Автомобільні відпрацьовані гази – це суміш приблизно 200 хімічних елементів і сполук. До теперішнього часу вважали, що головними шкідливими компонентами є: оксид вуглецю (CO), вуглеводи (C_nH_m), та оксиди азоту (NO_x) під час взаємодії з водою створюють азотну та азотисту кислоти, що чинять руйнівну дію на печінку людини, NO_x уражають слизисту оболонку очей, серцево-судинну систему. Дію NO_x неможливо послабити ніякими нейтралізуючими засобами.

Особливо небезпечним є присутність у відпрацьованих газах C_nH_m – канцерогенних речовин, що викликають ракові захворювання. Середня добова концентрація бензапірену у повітрі великого міста може сягати 3 мг/100 м³ при нормі 0,1 мг/100 м³. Мешканець невеликого міста, який знаходився довгий час на пожвавленій вулиці, може отримати стільки бензапірену, скільки міститься в 50 цигарках. Різке збільшення захворювань раком легенів, особливо у великих містах, багато дослідників пов'язують саме з підвищенням канцерогенів в атмосферному повітрі. Ще одна дуже небезпечна властивість бензапірену – вплив на спадковість.

Оксид вуглецю (CO) порушує процеси окиснення в організмі людини, оскільки вступає в реакцію з гемоглобіном крові, замінюючи в ньому кисень. Частими є приступи отруєння навіть невеликими дозами CO. У першу чергу це стосується водіїв, співробітників ДАІ та пішоходів у мегаполісах. Отруєння виражається головним болем, загальною депресією та зниженням працездатності. Отруєння також може стати причиною ДТП, оскільки навіть при малому рівні забруднення у водія помітно знижується увага та уповільнюється реакція. Саме тому CO у низці країн вважають токсичною речовиною.

У табл. 2 наведено дані відносної токсичності основних компонентів відпрацьованих газів у відношенні до CO.

Таблиця 2

Токсичність компонентів	Відносна токсичність до (CO)
Оксид вуглецю	1.0
Вуглеводи	1.2
Оксид азоту	20
Акролеїн	20
Двооксид сірки	12
Формальдегід	60
Сажа	25

На правильність наведених досліджень свідчить, що саме формальдегід – головний компонент забруднення атмосфери автомобільним транспортом у містах України є одним з основних збудників онкологічних захворювань.

За останні 5–7 років стрімко зросла ціна на бензин та дизпаливо, тому і використання газу замість бензину стало економічно вигідним. Як наслідок,

відсоток автомобілів, які переходили на природний газ, стрімко зростає. Приблизно такою ж мірою зростає концентрація забруднення атмосфери автомобільним транспортом у містах України. Останні дослідження свідчать, що у всіх 5-ти містах правобережної України, де відбувалося спостереження екологічною лабораторією Держгідромету України, вміст формальдегіду є найбільшим. Навіть в м. Ужгороді, де немає хімічних підприємств, які були б джерелами високого рівня забруднення повітря. Тому єдиною причиною цього можна однозначно вважати автомобільний транспорт.

Це суперечить добре відомим роботам з досліджень Фурмана М. С. та Цикліса Д. С., які довели, що в умовах адіабатичного стиснення метану в циліндрі двигуна внутрішнього згорання утворюється в значних концентраціях формальдегід.

Аналіз проб вихлопних газів у автомобілів, що працюють на різних видах пального, наведено в табл. 3.

Таблиця 3

Вихлоп шкідливих речовин	ГДК макс. разова, мг/м ³	Природа пального в автомобілі, мг/м ³			
		Газ Метан	Бензин А-80	Бензин А-95	Фонові Виміри
Формальдегід	0.003	0.177	0.057	0.074	0.017
Оксид азоту	0.06	0.242	0.102	0.058	0.017
Діоксид азоту	0.04	0.180	0.091	0.077	0.054
Сірчистий газ	0.008	0.008	0.147	0.008	0.005
Оксид вуглецю (CO)	3.0	10.0	60	12.0	2.0

Результати аналізу свідчать, що автомобіль, що використовує як пальне природний газ, дає викиди, в якій найбільша концентрація серед забруднювачів припадає на формальдегід – 0,177 мг/м³, що в 59 разів вище за ГДК, тоді як перевищення ГДК оксиду азоту, діоксиду азоту і оксиду вуглецю відповідно становить в 4,0, 4,5 і 3 рази. Тому двигни, які працюють на природному газі, є екологічно небезпечними через викиди надзвичайно небезпечних для здоров'я людини формальдегіду, оксиду і діоксиду азоту.

У певній мірі знизити екологічне навантаження на довкілля від автомобілів можливо за рахунок: по-перше, запровадження двигунів, що працюють на бензинах різних марок і дають значно менше токсичних викидів; по-друге, більш ретельно очищення від сірки низько октанових бензинів А-78 та А-80 або використання екологічно безпечного біопалива.

До того ж, як свідчать публікації світових видань з проблем нафтового ринку, можна стверджувати, що, можливо, вже через декілька десятиріч світових ресурсів нафти і газу буде не достатньо для покриття світових потреб транспорту та хімічних виробництв. Один з вирішень наведених вище проблем може стати

використання альтернативних джерел енергії.

Найбільш поширеним і перспективним на сьогодні в світі серед альтернативних нафтопродуктів вважається біодизельне паливо. Саме тому найбільші Європейські виробники продовжують дослідження і збільшення потужностей з їх виробництва, та, як наслідок, займають лідируючі позиції на ринку біопалива. Об'єм його виробництва в Європі у 20 разів більший, ніж в США.

Як відомо, в 2005 р. вступила в дію Директива Європейської Комісії, що затвердила пакет законопроектів по впровадженню і застосуванню альтернативних палив: в 2010 р. – до 5,75%, а в 2020 р. об'єм їх виробництва повинен складати до 20% від загального об'єму палив з нафтової сировини. Загальні потужності біодизельного палива в світі досить незначні і складають близько 4 млн тонн на рік. В Європі трійку лідерів з ринку біопалив очолює Німеччина, випускаючи на сьогодні більше 50% від загального їх об'єму. Наступні Франція та Італія – 15 і 12% відповідно. У країнах східної Європи лідер Польща та Чехія в яких має місце зниження оподаткування біопалив з метою стимулювання їх споживання.

У США біодизельне паливо випускається на 35 заводах, 25 з яких знаходяться на початковій стадії. Китай з метою зменшення залежності країни від сирої нафти, що імпортується для широкого запровадження біодизельного палива, у долині річки Янцзи вирощує одну третину світового врожаю рапсу.

Потенціал України у поновлювальних джерелах енергії з біомаси може бути оцінений у 7,4–12,3 млн. тонн умовного палива на рік. Доступним, екологічно чистим та відновлювальним джерелом сконцентрованої енергії є рідке біологічне паливо. Найбільш ефективними різновидами є: біодизельне паливо, що містить 90% енергії нафтових палив, етиловий спирт (етанол) – 50% їх енергії та метиловий спирт (метанол) – третю частину їх енергії. При чому найбільш економічним з них для виробництва є біодизельне пальне.

У масштабах України переробка 75% врожаю ріпаку, зібраного на площі 3 млн. га, що становить близько 12% орної землі, за врожайністю 30 ц/га забезпечить виробництво 2.7 млн тонн дизельного біопалива.

Разом з тим, річні відходи, що можуть бути використані при розробці палива складають – 63,9 млн. тонн від яких річна економія палива складе – 11,32 млн. тонн. Це відходи з соломи злакових культур – 40,3; соняшника – 7,41; гній – 5,68; буряка – 4,74; листя і деревина – 2,44 та кукурудзи – 2,85 млн тонн. Тому Україна маючи ці відходи, високу врожайність ріпаку та найвищу забрудненість і смертність в Європі зобов'язана:

- 1) Формувати процеси з прийняття рішень у Верховній Раді із створенням нормативно-правової бази і сприянню інвестицій у будівництво заводів по виробництву біодизельного пального та усунення податків на відміну від палив з нафтовою сировиною;

- 2) Кабінету Міністрів і відповідними науково-дослідними інститутами забезпечити наукове обґрунтування розвитку виробництва та використання біологічних палив;

- 3) На експериментально-виробничих комплексах по переробці сировини та виготовленню біологічних палив відпрацювати та оптимізувати розроблені

технології.

Запровадження цих заходів сприятиме виконанню Закону України «Про державний бюджет України на 2010 рік», суттєвому покращенню довкілля та зменшенню залежності Національної економіки від імпорту газу, нафти і нафтопродуктів.

УДК 665.635:665.753.3

Novoselov E. F.
National Aviation University, Ukraine

COMPARATIVE STUDY OF ETHYL AND METHYL BIODIESEL FUEL PRODUCTION

Biodiesel is a renewable fuel which may be used without any modifications to the engine. Biodiesel fuels can be produced from ethanol and vegetable oil and are therefore completely biomass-derived products. Ethanol is less toxic, making it safer to work than with methanol. Such fuels are characterized by evaluating the parameters for specific gravity, viscosity, cloud point, pour point, flash point, heat of combustion, total acid value, catalyst, and fatty acid composition, the boiling point, water and sediment, carbon residue, ash, sulfur, cetane number, copper corrosion, Karl Fischer water, particulate matter and iodine number.

Vegetable oil ethyl ester (VOEE) fuel production process utilizes 70 percent stoichiometric excess absolute ethanol, or a molar ratio of 5.1: 1 ethanol to oil ratio. The total free fatty acids are neutralized with the calculated addition of catalyst. By weight, 1,3 percent of KOH is used plus the amount to neutralize the free fatty acids. The following equations were used: $\text{EtOH} = 0,2738 \times \text{Oil}$; $\text{KOH} = \text{Oil}/85$ where: Oil = desired amount of oil, in liters EtOH = amount of ethanol needed, in liters KOH = amount of KOH, in kg. Vegetable oil is heated to 50 °C the catalyst is dissolved into the alcohol. The oil is transferred into the biodiesel reactor; catalyst/alcohol mixture is pumped into the oil and stirred vigorously for two hours. A successful reaction produces two liquid phases: ester and crude glycerol. Crude glycerol will collect at the bottom after settling. Separation can be observed within 10 minutes and can be complete within two hours but also can take as long as 20 hours. After settling is complete, water is added at the rate of 5,5 percent by volume of the oil and then stirred for 5 minutes and the glycerol allowed settling again. After settling is complete the glycerol is drained and the ester layer remains. Washing the ester is a two-step process which is carried out with extreme care. A water wash solution at the rate of 28 percent by volume of oil and 1 gram of tannic acid per liter of water is added to the ester and gently agitated. Air is carefully introduced into the aqueous layer while simultaneously stirring very gently until the ester layer becomes clear. After settling, the aqueous solution is drained and water alone is added at 28 percent by volume of oil for the final washing. VOEE thus obtained had a viscosity 1.9 times that of usual diesel, has a cloud point 19 °C higher, the pour point 23 degrees higher than usual diesel. It has 1.56 times less sulfur than the low sulfur diesel fuel, 12.3 percent less energy on a mass basis than diesel. Since VOEE has a 4.1 percent higher specific weight, the energies average 8.2 percent lower on a

volume basis.

Performance tests demonstrated that VOOE can be used to successfully fuel a diesel engine. In general, the testing performed has shown that torque and power are reduced about 5 percent compared to usual diesel and fuel consumption is increased by 7 percent.

УДК 662.6/9:678.04

**Медведєва Т. В., Бойченко С. В.,
Охримович Х. О., Бойченко М. С.**
Національний авіаційний університет, Україна
Турянчик І. Г.
УкрНДІ НП "МАСМА", Україна

АЛЬТЕРНАТИВНІ ПАЛИВА ДЛЯ АВІАЦІЇ

Актуальність постановки проблеми часткової або повної заміни нафтового палива на біопаливо, зокрема, одержане з олійних рослин, зумовлена цілим рядом переваг, таких як: відновлюваність сировинної бази; вища екологічна безпека (значне зменшення шкідливих викидів – таких, як оксиди карбону, продукти неповного згоряння палива); значно нижчий вміст сірки у біопаливі (суттєво з огляду на зростаючі вимоги специфікацій, щодо цього показника та зростання частки сірчистих нафт у сировинній базі нафтових палив); зниження енерговитрат при виробництві біокомпонентів палива. Не менш важливим є підвищення національної енергетичної безпеки України, як імпортера нафти.

Огляд науково-технічної і патентної літератури за 1980–2009 рр. свідчить про світову тенденцію пошуку та розробок альтернативних видів пального, зокрема палива рослинного походження (олії та продукти їх переробки) і композицій – сумішей біопалива з нафтовим.

Великий обсяг робіт, присвячений проблемі переестерифікації олій (ріпакова, соєва, соняшникова, кукурудзяна, оливкова, пальмова, бавовняна) метанолом чи етанолом, у присутності лужних каталізаторів. Низка досліджень присвячено оптимізації технології одержання моноестерів жирних кислот олій, використанню твердих каталізаторів. Проведено значну роботу з аналітичного контролю продуктів естерифікації. Стендові та експлуатаційні випробування біопалива шляхом тестування його на дизельних двигунах дозволили сформулювати вимоги до такого палива, провести оптимізацію технологічних режимів одержання біопалива.

1. Біодизельне паливо. Роботи в цьому напрямі розпочато у 70-их роках минулого століття (Бразилія, США). Водночас у країнах Західної Європи (ФРН, Чехословаччина, Австрія) розроблено державні програми з енергетичного використання відновлюваної сировини. Чисельні публікації щодо використання різноманітних олій та їх похідних (зокрема, продуктів переестерифікації олій) як компонентів дизельного палива або у вигляді чистого "біодизеля" свідчать про значні успіхи в переході на паливо рослинного походження. Запатентовано ряд винаходів з технології одержання біодизельного палива, апаратурного

забезпечення виробництва.

Промисловість Чехословаччини на 1993 р. уже випускала 300 т/р продукту "Ekoester". Лідер з виробництва біопалива фірма "Novamont Co." (заводи потужністю 100 т/р) розпочала випробування біопалива "Diesel Bi" у США та країнах Європи. 1995-ий рік – в Німеччині функціонують 4-и установки фірми "VNI-GmbH" (загальною потужність 500–1500 т/р.). У Франції розпочато випуск палива "Diester" (за прогнозами – 20 тис. т/р.). В 2004 р. Німеччина планувала придбати 850 тис. т біодизеля і перевести на нього 1800 АЗС (Матеріали V Міжнародного колоквиуму "Паливо-2005"). Починаючи з 2002-го року на американському ринку альтернативних палив домінують палива на основі олій та їх похідних. У 20006-у р. США випускали 300 млн. галл/р. з подальшим нарощуванням до 600 млн. галл/р.

Директивою 2003/30/ЄС Європейського Парламенту передбачено збільшення частки біопалива на ринку збуту дизельного палива з 2,5 % (2005 р.) до 5,8 % (2100 р.) В європейських країнах практикуються пільги в оподаткуванні фірм-виробників альтернативного палива та компаній-споживачів цього палива.

Росією згідно з ратифікованим нею Кіотським протоколом, Рамочною конвенцією ООН про зміни клімату розроблено законопроект про альтернативні відновлювані палива, в якому передбачена заборона на використання олій, як аграрної продукції. Інфраструктура виробництва біопалив у Росії на сьогодні не розвинена, а конвертуванням поршневих двигунів для роботи на таких паливах займаються окремі інститути.

Щодо формування українського ринку біодизеля, то, не зважаючи на значну енергетичну залежність держави від імпорту нафтопродуктів, наявність вітчизняних розробок біокомпонентів альтернативного палива, експерти скептично оцінюють його найближчу перспективу. Україна спромоглася тільки на експорт сировини (насіння ріпака).

2. Біокеросин. Роботи зі створення альтернативного реактивного палива на основі олій розпочато бразилійською біопаливною компанією "Tecbio" разом з аерокосмічною компанією "Boeing". У 1980 р. доктором Е. Паренте одержано паливо Біокеросин-25, що містило 25% вуглеводнів біопоходження, у 1984 р з успіхом пройшло тестування на двигунах авіакомпанії "Bandeirante". Оцінка фізико-хімічних показників вказаного біопалива та його аналога "NATO-34" проводилась згідно з вимогами Стандарту MIL-DTL-83133E на реактивне паливо. Результати випробувань засвідчили, що за основними показниками Біокеросин-25 відповідає NATO-34. Перевага вказаного біопалива у кращих в'язкісно-температурних характеристиках, мастильних та миючих властивостях, що підтверджено шведською лабораторією SGS.

Оскільки за офіційними даними військова авіація США споживає порядку 2,4 млрд. л/р. нафтопродуктів, то на замовлення Пентагону ряд американських фірм, зокрема, корпорація "Science Application International" інтенсивно займаються розробками авіаційних біопалив (суміші біогасу з традиційним реактивним паливом марок JP8). Ці роботи проводяться протягом останніх двадцяти літ. Щодо сировинної бази, то проводилися роботи з використання похідних соєвої, кукурудзяної, кокосової олій як біокомпонентів. Проблемними виявилися два аспекти: як технологічний (забезпечення температури кристалізації

біогасу не вище мінус 50° C), так і соціальний (використання олій як сировини харчової промисловості).

Іншим перспективним напрямком розробок авіаційних біопалив є використання олій, одержаних з водоростей. Такі роботи успішно ведуться корпорацією "Chevron", фірмами "Honeywell UOP", "Green Star Products". На Гавайських островах компаніями "Shell" і "HR Biopetroleum" розпочато будівництво дослідного заводу по одержанню олій з мікроводоростей та подальшого перетворення їх у авіаційне паливе. Будівництво подібних установок заплановане фірмою "Bio-Fuel-Systems" (Іспанія). Позитивними сторонами таких технологій є їх швидкий ріст, високий вміст олій у водоростях (30–80 %) та активне поглинання диоксиду карбону. Однак, масштабне промислове виробництво біокомпонентів з водоростей поки не є рентабельним з двох причин: це – висока чутливість водоростей до температурного режиму та відсутність на сьогодні ефективних технологій збору та переробки значних об'ємів такої сировини.

В авіаційній промисловості розпочато роботи з використання морських водоростей як сировини для виробництва авіаційного палива. Фахівці компанії "Boeing" вважають, що біопаливо з водоростей, з якого можна одержати олії у 150–300 разів більше, ніж з сої, – це майбутнє авіації. Компанією "Continental Airlines" проведений пробний політ літака

"Boeing 737-800", один з двигунів якого заправили біопаливом, що містило 50 % біокомпоненту, отриманого з водоростей і ятрофи (тропічна рослина сімейства молочайних), та 50 % авіаційного гасу. На думку експерта випробування перевершили очікувані результати. У січні минулого року компаніями "Boeing" та "Japan Airlines" завершено випробування (серія пробних польотів авіалайнера "Boeing 747-300") біопалива, виготовленого з суміші, яка містила біля 84 % рослини рижок (Camelina), 16 % ятрофи та 1 % водоростей. Результати випробувань позитивні, важливо, що двигун, який працював на вказаному біопаливі, попередньо не модифікували. Такі рослини, як рижок і ятрофа вважаються перспективною сировиною для одержання біокомпонентів реактивного палива, оскільки їх насіння містить 30 – 40 % олій, самі рослини невибагливі щодо ґрунту та вологості і не використовуються харчовою промисловістю.

Розрізняють біокомпоненти I-го покоління – це біоетанол та метилові естери кислот олій. Технологія їх одержання включає наступні стадії: 1) метанольна переестерифікація олії; 2) відстіг та фазове відділення продукту реакції; 3) очищення та фракціонування цього продукту на біодизельну та біокеросинову фракції. Якраз третя стадія є технологічно найскладнішою та водночас необхідною при виробництві біокеросину. Над цією проблемою працює група біохіміків університету Пурду (США) під керівництвом Бернарда Тао. Зокрема, ними розроблено нова методика фракціонування естерів, яка дозволила отримати біокеросин з необхідною температурою кристалізації (нижче мінус 50° C) та значно скоротити сам процес.

До біокомпонентів II-го покоління відносяться оксигенати та вуглеводні, які отримують в процесі бродиння (ферментації) біомаси. Така технологія має цілий ряд переваг: по-перше, дозволяє використовувати різноманітну продукцію і

відходи сільськогосподарської та лісопереробної промисловості; по-друге, передбачає замкнений цикл обігу CO₂, оскільки вуглекислий газ, що виділяється у процесі ферментації, використовується у синтез-газі, який у свою чергу потрібний для одержання оксигенатів у процесі оксосинтезу.

Американські фахівці розробили нове біопаливо для реактивних двигунів Біо JP8. Відомо тільки орієнтовний склад вихідної сировини – це соєва олія, біомаса та нафтопродукти. Порівняльна оцінка фізико-хімічних показників вказаного біопалива та традиційного реактивного пального (Petro JP8, JP8-A, JP8-B, JP8-C) проводилась дослідницькою лабораторією воєнно-повітряних сил США. Результати випробувань свідчать про те, що здебільшого якість Біо JP8 відповідає стандарту на реактивне паливо JP8. Біопаливо має трохи нижчу температуру кристалізації, але уступає паливам JP8 за фракційний складом, який характеризує випаровуваність палива – один з найважливіших показників, що впливає на експлуатаційні характеристики двигуна.

Огляд публікацій з розробок біопалив для реактивних двигунів дозволяє зробити висновок про актуальність постановки досліджень в цьому напрямі, оскільки вітчизняні публікації нами не виявлені. Існуючі суттєві проблеми, пов'язані з розробками біокомпонентів реактивного палива вимагають кваліфікованого підходу, відповідного лабораторного устаткування, проведення кваліфікаційних стендових та експлуатаційних випробувань. Проте питання національної енергетичної безпеки України як імпортера нафти, а також наявність висококваліфікованих спеціалістів, мали б заохочувати владні структури максимально сприяти розробкам біокомпонентів та біопалив.

УДК 621.564.385

Охримович Х. О., Шкільнюк І. О., Бойченко С. В.

Національний авіаційний університет, Україна

Цілик І. В.

ТОВ "Торговий дім "Промислові оливи І.Л.С.", Україна

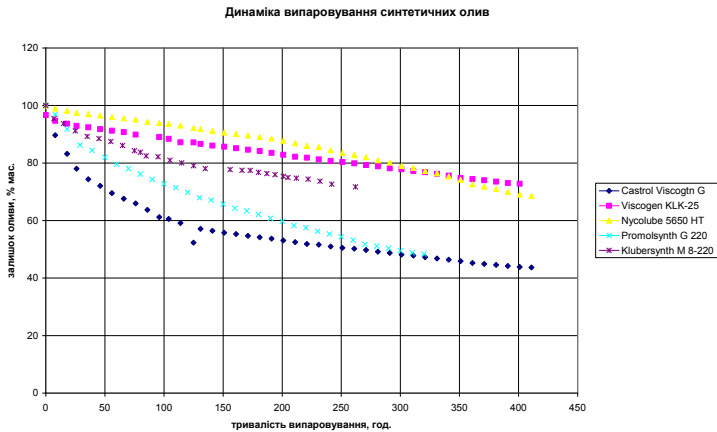
ДОСЛІДЖЕННЯ ВИСОКОТЕМПЕРАТУРНИХ СИНТЕТИЧНИХ ОЛИВ

Високотемпературні синтетичні оливи як висококваліфіковані мастильні матеріали використовуються в наземній, авіаційній воєнній техніці, а також як промислові оливи, зокрема для високошвидкісних ланцюгів, підшипників та направляючих устаткування у різноманітних галузях промисловості (поліграфічна, деревообробна, виробництво склотари).

Синтетичні оливи відповідної молекулярної структури на відміну від нафтових можуть забезпечити оптимальний рівень експлуатаційних властивостей: необхідний рівень в'язкісних характеристик у широкому діапазоні температури і тиску, які відповідають за плинність, проникаючу здатність та максимальний рівень хімічної і термічної стабільності.

Нами досліджено динаміку випаровування високотемпературних олив: Castrol Viscogen G, Viscogen KLLK, Nycolube 5660 HT, Promolsynth G та Klubersynth M 8-220. У процесі випробувань визначали масову частку залишку

оливи після випаровування за температури (200 – 220 °С).



На рисунку зображена динаміка випаровування оливи Castrol Viscogen G, Viscogen KLK, Nycolube 5660 HT, Promolsynth G протягом 400 годин, а також оливи Klubersynth M 8-220 (час випаровування – 156 год.), яка додатково була включена у випробування. Аналіз кривих на рисунку свідчить, що найстійкішими до дії високих температур (200 – 220)°С виявилися синтетичні оливи Viscogen KLK-25 (2) та Nycolube 5660 HT (3), для яких маса високотемпературного залишку після 400-годинного випаровування становила 72 % мас. Найбільше зменшення маси залишку спостерігалось для оливи Castrol Viscogen G (1) і Promolsynth G 220(4), яка після 400-годинного випаровування становила 47 % мас. Олива Klubersynth M 8-220 за час випробування (156 год.) втратила 23 % маси.

Для контролю зміни кольору оливи у процесі високотемпературного випаровування їх зразки фотографували. Найістотніше колір мінявся у перші 18 годин (оливи Castrol Viscogen G, Viscogen KLK-25, Nycolube 5660 HT). Найповільніше протікало осмолення оливи Promolsynth G 220, найшвидше – оливи Klubersynth M 8-220.

Під час високотемпературного дослідження оливи визначали час до початку полімеризації: фіксували момент втрати їх рухливості (втрата плинності оливи у гарячому стані) та момент втрати пластичності залишку оливи.

Спостереження засвідчили, що за 400 год високотемпературного випаровування оливи Viscogen KLK-25 та Nycolube 5660 HT не втратили своєї рухливості у гарячому стані. Полімеризаційні процеси протікали у випадку оливи Castrol Viscogen G та Promolsynth G 220. Час початку полімеризації цих оливи наведений у таблиці 1.

Таблиця 1

Час початку полімеризації оливи Viscogen G і Promolsynth G 220

№	Найменування	Час початку полімеризації, год.

зразка	оливи	втрата плинності	втрата пластичності
1	Castrol Viscogen G	300	410
4	Promolsynth G 220	210	320

Отже, можна зробити висновок, що з досліджених олив найстійкішими проти тривалої дії високих температур виявилися оливи Viscogen KLK-25 та Nycolube 5650 HT.

УДК 504.65 (043)

Franchuk G. M., Radomska M. M.
National Aviation University, Ukraine

EXPOSURE MODELLING IN RISK ASSESSMENT OF INDUSTRIAL ENTERPRISES

There are a number of different purposes for exposure assessments, including their use in risk assessments, toxicology, trends analysis and epidemiology. Official guidelines and regulations in this field are intended to convey the general principles of exposure assessment, not to serve as detailed instructions. As a result, it is necessary to adjust general rules to the specific characteristics of industries and industrial objects as they can be considered the main sources of pollutants threatening to human health.

Exposure assessment in various forms dates back to the early XXth century in the fields of epidemiology, industrial hygiene, and health physics. Epidemiology is the study of disease occurrence and the causes of disease, while the latter fields deal primarily with occupational exposure. Exposure assessment combines elements of all three disciplines. This has become increasingly important since the early 1970-s due to greater public, academic, industrial, and governmental awareness of chemical pollution problems. Corresponding regulations and directives were developed by those national and global organizations, which deal with environmental issues in relation to human health hazards. Application of this standards shows the need to amend them from time to time in order to keep them in accordance with the newest scientific achievements.

As for Ukraine and neighbouring countries, we do not have similar standards accepted and implemented at all levels of the state environmental safety provision. The necessary regulations must be developed to standardize the process of risk assessment, which is based on exposure assessment.

Mostly exposure assessment is used in toxicological investigations to define possible consequences of poisoning, but this way the investigation is not connected with initial sources of poison. The process of assessment of environmental risks imposed by technogenic sources usually ends up with calculation of negative results probabilities and their magnitude. Exposure assessment may give information about these negative results in more detailed form by calculating both doses and reactions related to certain chemicals and the exposure routes attributed to certain types of industrial enterprises or pollution sources in general.

The human exposure means contact of the chemical or agent with (a) the visible

exterior of the person (skin and openings into the body such as mouth and nostrils), or (b) the so-called exchange boundaries where absorption takes place (skin, lung, gastrointestinal tract). The EEA and the EPA prefer to define exposure as in the (a) approach. As a result, exposure assessment is the quantitative or qualitative evaluation of that contact. It describes the intensity, frequency, and duration of contact, and often evaluates the rates at which the chemical crosses the boundary (chemical intake or uptake rates), the route by which it crosses the boundary (exposure route; dermal, oral, or respiratory), and the resulting amount of the chemical that actually crosses the boundary (a dose) and the amount absorbed (internal dose).

Depending on the purpose, for which an exposure assessment will be used, the numerical output of the exposure assessment may be an estimate of either exposure or dose. If exposure assessments are done as part of a risk assessment that uses a dose-response relationship, the output usually includes an estimate of dose. Other risk assessments, for example many of those done as part of epidemiologic studies, use empirically derived exposure-response relationships, and may characterize risk without the intermediate step of estimating dose. Table 1 provides the summary of the exposure and dose terms along with examples of units commonly used in environmental investigations.

Although exposure assessments are done for a variety of reasons, the quantitative exposure estimation can be approached from three different ways:

1. The exposure can be measured at the point of contact (the outer boundary of the body) while it is taking place, measuring both exposure concentration and time of contact and integrating them (point-of-contact measurement).

2. The exposure can be estimated by separate evaluation of the exposure concentration and the time of contact, then combining this information (scenario evaluation).

3. The exposure can be estimated from dose, which in turn can be reconstructed through internal indicators (biomarkers, body burden, excretion levels, etc.) after the exposure has taken place (reconstruction).

These three ways are approaches for arriving at a quantitative estimate of exposure. Sometimes the approaches to assessing exposure are described in terms of “direct measures” and “indirect measures” of exposure. Measurements that actually involve sampling on or within a person, for example, use of personal monitors and biomarkers, are termed “direct measures” of exposure. Use of models, environmental measurements, and questionnaires, where measurements do not actually involve personal measurements, are termed “indirect measures” of exposure. The direct/indirect nomenclature focuses on the type of measurements being made: the scenario evaluation/point – of – contact / reconstruction nomenclature focuses on how the data are used to develop the dose estimate.

These three approaches to quantification of exposure (or dose) are independent, as each is based on different data. The independence of the three methods is a useful concept in verifying or validating results. Each of the three has strengths and weaknesses; using them in combination can considerably strengthen the credibility of an exposure or risk assessment.

Here we focused on exposure via inhalation, oral intake, and dermal absorption as these routes are related to environmental factors.

The process of a chemical entering the body can be described in two steps: contact (exposure), followed by actual entry (crossing the boundary). Absorption, either upon crossing the boundary or subsequently, leads to the availability of some amount of the chemical to biologically significant sites within the body (internal dose). Although the description of contact with the outer boundary is simple conceptually, the description of a chemical crossing this boundary is more complex.

There are two major processes by which a chemical can cross the boundary from outside to inside the body. Intake involves physical moving the chemical through an opening in the outer boundary (usually the mouth or nose), typically via inhalation, eating, or drinking. The chemical intake rate is the amount of chemical crossing the outer boundary per unit time, and is the product of the exposure concentration times the ingestion or inhalation rate.

The second process by which a chemical can cross the boundary from outside to inside the body is uptake. Uptake involves absorption of the chemical through the skin or other exposed tissue such as eyes. Although the chemical is often contained in a carrier medium, the medium itself typically is not absorbed at the same rate as the chemical. Uptake through the lung, gastrointestinal tract, or other internal barriers also can occur following intake through ingestion or inhalation.

The conceptual process of contact, then entry and absorption, can be used to derive the equations for exposure and dose for all routes of exposure.

In general exposure over some period can be represented by a time-dependent profile of the exposure concentration:

$$E = \int_{t_1}^{t_2} C(t) dt \quad (1)$$

where E is the magnitude of exposure, $C(t)$ is the exposure concentration as a function of time, $t_2 - t_1$ the exposure duration ED . If ED is a continuous period of time (e.g., a day, week, year, etc.), then $C(t)$ may be zero during part of this time. Contact time is the actual time periods (events, episodes) during which actual exposure is taking place. Integrated exposures are done typically for a single individual, a specific chemical, and a particular pathway or exposure route over a given time period. An exposure pathway is the course a chemical takes from its source to the person being contacted.

The general equation for potential dose for intake processes, e.g., inhalation and ingestion is the integration of the chemical intake rate over time:

$$D_{pot} = \int_{t_1}^{t_2} C(t) IR(t) dt \quad (2)$$

where D_{pot} is potential dose and $IR(t)$ is the ingestion or inhalation rate.

Equation (2) can also be expressed in discrete form as a summation of the doses received during various events i :

$$D_{pot} = \sum_i C_i \cdot IR_i \cdot ED_i \quad (3)$$

where ED_i is the exposure duration for event i . If C and IR are nearly constant (which is a good approximation if the contact time is very short), equation (3) becomes:

$$D_{pot} = \bar{C} \cdot \bar{IR} \cdot ED \quad (4)$$

where ED is the sum of the exposure durations for all events, and $\bar{C}$ and $\bar{IR}$ are the average values for these parameters. Equation (4) is used in cases where C and IR vary considerably and (3) can be used if the exposure can be broken out into segments, where C and IR are approximately constant. If even this condition cannot be met, equation (2) may be used.

Doses may be expressed in several different ways. For risk assessment purposes, estimates of dose should be expressed in a manner that can be compared with available dose-response data. Solving equations (2)–(4), for example, gives a total dose accumulated over the time in question.

Exposure assessments should take into account the time scale related to the biological response. For many noncancer effects, risk assessments consider the period of time, over which the exposure occurred, and often, if there are no excursions in exposure that would lead to acute effects, average exposures or doses over the period of exposure are sufficient for the assessment. These averages are often in the form of average daily doses (ADDs).

An ADD can be calculated from equation (2) by averaging D_{pot} over body weight and averaging time, provided the dosing pattern is known so the integral can be solved, which happens not very often. Using equation (4) instead of (2) or (3) involves making steady-state assumptions about C and IR , but this makes the equation for ADD easier to solve. For intake processes equation (4) becomes:

$$ADD_{pot} = [\bar{C} \cdot \bar{IR} \cdot ED] / [BW \cdot AT] \quad (5)$$

where ADD_{pot} is the average daily potential dose, BW is body weight, and AT is the time period over which the dose is averaged (converted to days).

For effects such as cancer, where the biological response is usually described in terms of lifetime probabilities, even though exposure does not occur over the entire lifetime, doses are often presented as lifetime average daily doses (LADDs). The LADD takes the form of equation (5), with lifetime (LT) replacing the averaging time (AT). The LADD is a very common term used in carcinogen risk assessment where linear nonthreshold models are employed.

For absorption processes, two methods can be used for calculating internal dose. The first, commonly used for dermal absorption from a liquid where at least partial immersion occurs, is derived from the equation for internal dose, D_{int} :

$$D_{int} = \int_{t_1}^{t_2} C(t) \cdot K_p \cdot SA(t) dt \quad (6)$$

where K_p is the permeability coefficient, and SA is the surface area exposed. Both C and SA vary over time, and K_p vary not over time, but over different parts of the body.

Permeability coefficient expresses relationship between the flow and the exposure concentration and is experimentally measurable. The flow means the flux of the chemical across the barrier, it is not directly measurable, and depends on nature of chemical and barrier, active transport versus passive diffusion processes, and

concentration of the chemical contacting the barrier. Thus the internal dose is:

$$D_{int} = \bar{C} \cdot K_p \cdot \bar{SA} \cdot ED \quad (7)$$

where $\bar{SA}$ is average surface area exposed and ADD_{int} (average daily internal dose defined from the relation of D_{int} with body weight and time period as in (4).

The second method of calculating internal dose uses empirical observations or estimation of the absorption rate. It is useful when a small or known amount of material (such as a particulate) or a chemical (such as a pesticide) contacts the skin. The potential dose of a chemical to the skin, D_{pot} , can often be calculated from knowing the concentration, C , and the amount of carrier medium applied, M_{med} , either as a whole or on a unit surface area basis. Thus, potential dose from dermal contact with soil can be calculated using the following equation:

$$D_{pot} = \bar{C} \cdot M_{med} = \bar{C} \cdot F_{adh} \cdot \bar{SA} \cdot ED \quad (8)$$

where D_{pot} is potential dose, M_{med} is amount of soil applied, and F_{adh} is the adherence factor for soil (the amount of soil applied to and adhering to the skin on a unit surface area per unit time).

The relationship between potential dose and applied dose for dermal exposures is that potential dose includes the amount of the chemical in the total amount of medium contacting the skin, and applied dose includes only that amount of the chemical, which actually directly touches the skin:

$$D_{pot} = D_{app} \int_{t_1}^{t_2} f(t) dt \quad (9)$$

where $f(t)$ is nonlinear absorption function, usually not measurable, having the dimensions of mass absorbed per mass applied per unit time. The absorption function will vary due to a number of factors (concentration gradient of chemical, carrier medium, type of skin, skin moisture, skin condition, etc.). If $f(t)$ could be integrated over time from the start of exposure until time T , it would yield the absorption fraction, AF , which is the fraction of the applied dose that is absorbed after time T . The absorption fraction is a cumulative number and can increase with time to a possible maximum of 1 (or 100% absorption), but due to competing processes may reach steady state long before reaching 100% absorption. Equation (9) then becomes $D_{int} = D_{app} \cdot AF$ and if all the chemical contained in the bulk material are assumed to come in contact with the skin eventually, then D_{app} equals D_{pot} and $ADD_{int} = [\bar{C} \cdot M_{med} \cdot AF] / [BW \cdot AT]$ or $D_{int} = D_{pot} \cdot AF$. This approximation will by no means always give credible results: unfortunately, almost no data are available concerning the relationship between potential dose and applied dose for dermal exposures. Experimental data on absorption fractions derived for soil commonly use potential dose rather than applied dose, which may make the experimental data at least in part dependent on experimental conditions such as how much soil was applied.

In general, not all data necessary for calculation performance are known and available (especially, if we consider subsequent transformations and transfer processes within the organism, for example, chemicals in air, food, or drinking water normally enter the body through the intake processes, and then are absorbed through internal uptake in the lung or gastrointestinal tract). So, common assumption is that for intake processes, the potential dose equals the applied dose. Although arguments can be made that this assumption is likely to be more nearly accurate than for the case of soil contact, the validity of this assumption is unknown at this point. Essentially, the assumption of equality means that whatever is eaten, drunk, or inhaled touches an absorption barrier inside the person. As a result the following equations can be formed:

$$D_{int} = D_{app} \cdot AF = D_{pot} \cdot AF = \bar{C} \cdot \bar{IR} \cdot ED \cdot AF$$

$$ADD_{int} = [\bar{C} \cdot \bar{IR} \cdot ED \cdot AF] / [BW \cdot AT]$$

Although equations for calculating exposure, dose, and their various averages are in widespread use in exposure assessment, the assessor should consider the implications of the assumptions used to derive the equations. Simplifying assumptions used in deriving the equations may mean that variations in exposure concentration, ingestion or inhalation rate, permeability coefficient, surface area exposed, and absorption fraction can introduce error into the estimate of dose if average values are used, and this must be considered in the evaluation of uncertainty.

Depending on the use of the exposure assessment, estimates of exposure and dose in various forms may be required. In case of industrial enterprise there are three acceptable directions of modelling and calculations:

1. Exposure concentrations are useful when comparing peak exposures to levels of concern such as short-term exposure limits, permissible levels of influence and so on.

2. Exposure or dose profiles describe the exposure concentration or dose as a function of time. Concentration and time are used to depict exposure, while amount and time characterize dose; graphical or tabular presentations may be used for either type of profile. Such profiles are very important for use in risk assessment where the severity of effect is dependent on the pattern by which the exposure occurs rather than the total (integrated) exposure. For example, a developmental toxin may only produce effects if exposure occurs during a particular stage of development. Similarly, a single acute exposure to very high contaminant levels may induce adverse effects even if the average exposure is much lower than apparent no-effect levels.

Integrated exposures are useful when a total exposure for a particular route is needed. The integrated exposure is the total area under the curve of the exposure profile. Exposure profile (a picture of exposure concentration over time) contains more information than an integrated exposure (a number), including duration and periodicity of exposure, peak exposure, and shape of the area under the time-concentration curve.

Exposure and dose information are often combined with exposure-response or dose-response relationships to estimate risk, the probability of an adverse effect occurring for different technogenic objects. There is a variety of risk models, with various mathematical relationships between risk and dose or exposure. A major function of the exposure modelling as part of risk assessment is to provide the exposure or dose values, and their interpretations.

The offered modelling provisions give possibility to evaluate human health hazard

coming from certain type of industrial enterprises via the most important environmental components, which are water, air and soil, to the dominant exposure path-ways – inhalation, indigestion and dermal contact.

The exposure and dose information available allow estimates of individual risk or population risk, or both. Risk assessments almost always deal with more than a single individual. Frequently, individual risks are calculated for some or all of the persons in the population being studied, and are then put into the context, where they fall in the distribution of risks for the entire population.

As a result, the assessor is able to answer such questions: are there individuals at risk from exposure to the substances under study; to what risk levels are the persons subjected; and what is the average individual risk? In addressing these questions, risk descriptors may give estimation of the probability that an individual in the high end of the distribution may suffer an adverse effect; probability that an individual at the average risk may suffer an adverse effect; or probability that an individual will suffer an adverse effect given a specific set of exposure circumstances. All these calculations and modelling results are of the greatest interest to risk managers when considering various actions to mitigate risk.

UDC 629

Zubchenko O.M.

National Aviation University, Ukraine

ULTRASOUND ANALYZER FOR DETERMINATION OF CHANGE OF CHEMICAL COMPOSITION OF ENVIRONMENT

It should be noted that nowadays there's a very acute issue of economical and full utilization of energy resources, i.e. oil, gas, coal, which require special attention of its condition control and a change of a chemical composition.

Many areas of industry for ensuring of optimal technological process and / or quality control of raw materials and finished products require high-precision measurement of low concentrations of sulfur, chlorine and nitrogen. For this purpose, department of Dutch business group Thermo produces thermo analyzers, based on the principle of complete oxidation of samples in oxygen at high temperature, followed by detection of oxides of sulfur, chlorine and nitrogen by various methods. To analyze microsulphur and microchlorine principle apply coulometric titration (model of analyzers of ECS series), particularly for the analysis of small amounts of sulfur install ultraviolet fluorescence detector (series TS), for analysis of nitrogen apply chemiluminescent detector series (TN). Devices can be supplied in a special performance for the analysis of one element, and in various elements' combinations.

All analyzers consist of a primary transducer (sensor) and a multichannel amplitude analyzer (electronic unit).

Meter of ultrasound rate consists of high-frequency generator of electric pulses DD1, which simultaneously generates ultrasonic pulse fluctuations in the pulses of ultrasound emitters DD2 and DD3. Emitted ultrasonic pulses, passing through a controlled environment, transmit to the receiver - converters of ultrasound pulses DD4

and DD5 into electrical ones.

It is known that the velocity of ultrasound deterministically depends on the density of matter, hence, the velocity of ultrasound is determined by the chemical composition of matter, in which it propagates.

In practice, measuring of ultrasound rate is as follows: at determined distance L from an acoustic emitter install acoustic transmitter and receiver with an electronic counter and measure the time of delay t_d of received signal relatively to emitted one:

$$t_d = L / \vartheta_d, \quad (1)$$

where ϑ_d is ultrasound propagation in medium.

On the other hand t_d , determined by the counter, is expressed by the formula:

$$t_d = n_c T_u, \quad (2)$$

where: n_c – a number of pulses recorded in the counter during the delay time t_d ; T_u – pulse period of counter filling.

On the ground of (1) and (2) it is easy to obtain:

$$\vartheta_d = L / n_c T_u.$$

It is predicted that the device must be portable, low cost, easily of produced and mobile. Its use is expected at the gas station, oil and other industries, functioning of which is related to oil, fuel and gas for rapid control of the chemical composition.

УДК 629.3.065(043.2)

**Yakovleva A. V., Markiv D. V.,
Vovk O. O., Chernyak L. M.**
National Aviation University, Ukraine

ECOLOGIZATION OF FUEL POWER COMPLEX OBJECTS

Modern situation in Ukrainian fuel-power complex (FPC) is characterized by limitation of own oil deposits and low efficiency of oil refinery plants. As a result transport sector is provided with energy source due to import mainly. During last years Ukrainian FPC is demonstrating development of the main economical indexes. It is observed a positive tendency in growth of main activity indexes in FPC branches. However, there are a number of problems, which requires immediate consideration and search for their solutions. The problem we pay attention to is degradation of environment components (air, soils, water objects, flora and fauna) in a result of FPC objects' activity and ways to reduce this impact. Solution of the outlined problem of environment pollution requires implementation of complex approach.

Ukrainian FPC includes the following objects: oil producers, oil refineries, system of oil pipelines, oil transporting means, filling stations, etc. Each of these objects influence on environment in their own specific way. In our research the problem of environment components contamination in a result of FPC objects activity is described on example of filling station (FS). The FS was chosen for investigation due to its suitability according to many requirements for FPC in ecological and economical areas.

As FSs' functioning is tightly connected with human activity (beginning from driving personal motor transport) in Ukraine there is a quite well-developed net of FS.

Nowadays FSs are present in big industrial centers, small villages and along highways and routes. But independently on the place of displacement FSs' activity causes its negative impact on urbocomplexes, in which FS is functioning and environment.

Negative impact of FS on environment is revealed much greater than comparing to other objects of FPC. It is explained in a following way. From one hand filling stations are displaced in large cities with high density of buildings and high concentration of motor transport; from another hand emissions at filling stations take place at height just 2–3 m above the ground.

Contamination by FS is done by 2 main pollutants: FS itself and motor transport exhaust gases. Implementation of ecologization methods first of all requires identification of pollution sources and elements they interact with. The basic sources of polluting substances appearance at FS are:

- reservoirs for oil products storage (evaporation of oil products during "big" and "small" breathes);
- fuel distribution pumps (evaporation during filling of auto transport fuel tanks);
- clearing constructions objects (evaporation of oil products and dump of the residues (after clearing) in system of the water drain);
- emergency and inadvertent spills of oil products on territory of FS;
- unhermetic technological equipment and communications;
- ventilation systems of industrial premises of the FS and technical services placed on territory of FS;
- emissions of auto transport exhaust gases at FS.

As it was mentioned before, the problem of environment components contamination is a complex task. According to the sources of pollution it is proposed measures of ecologization at FPC objects which can be united into three groups:

1. Improvement of working properties of fuels;
2. Improvement of working properties of motor oils;
3. Improvement of filling complexes.

Pollution caused by exhaust gases can be reduced due to improvement of fuel working properties. Now, fuel additives are the main way to increase fuel quality characteristics a variety of functions and now are indispensable components of automotive fuels. In general, fuel additives are used to enhance the qualities of the base fuel or to add new required performances.

However, additives possess not only positive characteristics; they pollute environment as well as other technical liquids that take place in functioning of both engines and FS. Lubricants, technical liquids and fuels influence environment components that leads to degradation of biosphere elements.

To overcome results of oil products spillages it may be used sorbents of various origin. Among them are synthetic, organomineral, inorganic sorbents, for example, ecolan, perlite, oxizin, etc.

One more measure to reduce FS's impact on environment is introduction of new technologies and equipment. There are number. Fuel additives perform of methods for reduction of oil products evaporation at FS. Among them are:

1. During fuel discharge into reservoir the system of recirculation of fuel vapors is used. It provides return of fuel vapors from reservoir through the pipeline, quick

disconnect coupler, and special flexible hose into hermetic neck of tank.

2. During filling of auto transport tank the secondary system of recirculation of vapors is used. It provides return of fuel vapors from tank through the special filling hose, petrol pump and special pipeline back into reservoir. For maximal suction of vapors coming from consumer's tank the special head on the filling nozzle is used.

3. Gas equilibrating systems with application of soft gasholder-reservoirs. They take expanded vapor-air mixture from the internal cavity of storage reservoirs at temperature increase due to natural warming ("small" breathing) during daytime; and also during "big" breathing in a process of fuel discharge from cistern. Vapors return back into reservoirs at temperature decrease at evening and night time or during fuel distribution to consumers.

4. Systems for catching of light oil products fractions. They provide utilization of vapors that are formed during filling of automobile transport. Principle of action is based on step-by-step compression of vapor-air mixture with further cooling. Condensate is gathered in accumulating cavity, from which it is pumped under the layer of product.

5. Systems for catching and recuperation of oil products vapors. The essence of these installations is a principle of absorption – catching of hydrocarbons by liquid sorbent. As a sorbent it is possible to use oil derivatives, in particular diesel fuel.

Another ways to decrease negative impact from filling station exploitation is building of new ecologically clean filling stations and reconstruction of old into new ones. It is necessary to use double wall horizontal underground reservoirs with nitrogen filling between walls and deeping not less than 0,3 m. Double walls prevent fuel spills into soil and deeping into soil prevent its evaporation. Electronic control of underground spills must exist obligatory. Also it is necessary to install systems of control of fuel level in reservoir (to prevent overflows) and control of fuel vapors concentration in air (to prevent explosion hazard). Recommendation for filling stations that include such services as car wash is obligatory purification of water (using special grease catchers, oil removers and various membrane filters for mechanical impurities) and its further recirculation use.

Summarizing our investigation we can say that the problem of environmental safety in the processing of FPC requires improvement of working peculiarities of fuels, motor liquids and filling complexes. One of the main ways for pollution decreasing in cities is implementation of new technologies in production of motor fuels. Quality of motor fuels, that are used nowadays, is one of the factors that are limit increasing of ecological safety in Ukraine transport sector.

Providing analysis of hazardous processes in FPC by environments' components, such as atmosphere, soil, water and impact in transport sector on human's health define a distinct tendency to expressed degradation of all elements of technosphere according to many indices, including state of atmospheric air, quality of soil and surface and underground objects.

Problems of pollution caused by FPC directly connected with qualitative characteristics of motor liquids exploitation such as fuels, additives, oils, lubricants, transmission liquids, etc. Analyses of abovementioned motor liquids impact on ecosystems (in case of merge), on elements of the environment, their peculiarities are the research objects of our investigations. More ecologically safe and economically beneficial methods of their modification should be found and technology of merges

liquidation in the case of emergency situation occurring should be applied.

Additional positive effect will be reached by biodegradable materials usage that allow decreasing oil concentration in the soil and water objects, city municipal sewage system also. Biodegradability of oils is one of the most important parameters that increase ecosystem's ability to self-renewing, and define the order and ability of these processes intensification.

УДК 665.6/7

Куц Л. А., Трофімчук Н. Г.
УкрНДІ «Ресурс», Україна

УРАХУВАННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ДОВГОТРИВАЛОГО ЗБЕРІГАННЯ ПІД ЧАС ВИРОБНИЦТВА БЕНЗИНІВ ПІДВИЩЕНОЇ ЯКОСТІ

Україна прийняла Закон від 18.03.2004 N 1629-IV «Про Загальнодержавну програму адаптації законодавства України до законодавства Європейського Союзу», який передбачає гармонізацію стандартів та проведення відповідних інституційних реформ.

Для зближення української та європейської законодавчих баз, з'явилася необхідність у встановленні нових, сучасних стандартів на палива в Україні, тому з 1 січня 2008 в Україні набули чинності нові національні стандарти ДСТУ 4839:2007 та ДСТУ 4840:2007 на автомобільні бензини і дизельне паливо підвищеної якості, які відповідають нормам до палив „Євро-3”–„Євро-4” та призначені для сучасних двигунів. Ці стандарти є гармонізованими з EN 228:2004 та EN 590:2004 у частині технічних вимог і методів контролювання, поширюються на нові марки бензину та дизельного палива (Євро).

Новий стандарт на автобензин не передбачає довготривале зберігання (5 років), яке вкрай необхідне для України, оскільки Міністерство оборони та Державний комітет України з державного матеріального резерву виконують завдання держави щодо забезпечення обороноздатності, ліквідації наслідків кризових ситуацій та життєво важливих господарських інтересів держави, і створюють стратегічний запас (страховий фонд) нафтопродуктів.

Досвід зарубіжних країн показує, наскільки важливо мати стратегічний запас нафтопродуктів. Майже кожна країна створює резерви нафти і нафтопродуктів, що необхідні для внутрішнього споживання та на випадок надзвичайних ситуацій у разі припинення поставок.

У нестабільній геополітичній обстановці, у якій баланс між попитом та пропозицією є непростим, особливо через зростаючий попит з боку нових масових споживачів, забезпечення безпеки своїх нафтових запасів, що можуть бути використані у випадку кризи постачань та вирішити проблему дефіциту у цілому або його частини - є важливим важелем в реалізації державної політики в сфері створення стратегічних запасів.

Нафтопродукти є суміші вуглеводнів і деяких їх похідних, а також індивідуальні хімічні сполуки, що отримуються при переробці нафти і використані в якості палив, змащувальних матеріалів, електроізоляційних

середовищ, розчинників, дорожніх покриттів, нафтохімічної сировини та для інших цілей. Значна частина нафтопродуктів є сумішами окремих вуглеводневих компонентів, що містять різні добавки і додатки, які поліпшують властивості нафтопродуктів і підвищують стабільність їх експлуатаційних характеристик.

Від хімічного складу і структури вуглеводнів нафти залежать основні експлуатаційні властивості нафтопродуктів (автомобільних палива та масел) і способи переробки нафти. У хімічному відношенні нафта є складною рідиною, що складається в основному з вуглеводнів.

Крім вуглеводнів до складу нафти в незначних кількостях входять хімічні сполуки, що містять кисень, сірку і азот. Вуглеводневий склад нафти змінюється в різних родовищах. Кисню, сірки і азоту в нафті зазвичай 2–3 % (по вазі), але вміст кожного з них вагається в широких межах від десятих і навіть сотих долей відсотка до цілих відсотків.

Процентний вміст в нафті хімічних елементів, тобто так званий елементарний склад нафти, характеризує її, як сировина для автомобільних палива і масел.

Багаточисельні вуглеводні, що входять до складу нафти, розрізняються молекулярною вагою, кількістю атомів вуглецю і водню в їх молекулах і структурою, тобто розташуванням атомів вуглецю і водню в молекулі, а також характером валентних зв'язків між атомами вуглецю.

Молекула найпростішого вуглеводню нафти — метану містить один атом вуглецю. Всі інші складніші і з великою молекулярною вагою вуглеводні містять в одній молекулі більше одного атому вуглецю. Причому, атоми вуглецю можуть розташовуватися в ряд у вигляді відкритого ланцюга. Таку структуру вуглеводнів називають нормальною (ланцюговою), або ж у вигляді замкнутих кілець (циклонів), що мають 5 і 6 атомів вуглецю в кільці, яку називають циклічною. Вуглеводні, що мають однакову формулу, але різну будову, називають ізомерними.

Атоми вуглецю в молекулах можуть з'єднуватися між собою одинарним (простим), який називають насиченим, або подвійним валентним зв'язком, який називають ненасиченим.

Всі вуглеводні нафти підрозділяють на наступні групи (ряди): парафінові (алкани), нафтеніві (циклани) та ароматичні (бензоліні).

Парафінові вуглеводні присутні в нафті у великих кількостях (понад 50 %), відносяться до насичених і мають ланцюгову структуру. Метан, етан, пропан і бутан, що входять в цей ряд за нормальних умов, тобто за тиску 760 мм рт. ст. і температурі 0°C, знаходяться в газоподібному стані.

Ізомерні парафінові вуглеводні покращують якість бензинів (детонаційну стійкість), а нормальні вуглеводні парафінового ряду покращують якість дизельних палив (самоспалахуваність).

Нафтеніві вуглеводні присутні в нафтопродуктах в значній кількості. Вони мають циклічну структуру, володіють більшою стійкістю проти окислення при високих температурах, чим нормальні парафінові вуглеводні і мають вищу температуру кипіння при порівнюваних молекулярних вагах. Присутність легких нафтенівих вуглеводнів бажана в автомобільних паливах для карбюраторних двигунів, а нафтеніві вуглеводні із складнішою структурою (маючі довгі бічні ланцюги) покращують якість змащувальних масел, зокрема знижують їх

температуру застигання.

Олефінові і діолефінові вуглеводні мають ланцюгову структуру, але є ненасиченими. Присутність простих вуглеводнів олефінової групи – етилену і діолефінової групи в автомобільному паливі небажано, оскільки наявність з'єднань, що містять кисень, сірку і азот, погіршує якість останнього. Кисень з вуглеводнями нафти може утворювати кислоти і смолисто-асфальтові речовини.

Органічні кислоти викликають корозію деталей з кольорових металів, а смолисто-асфальтові речовини сприяють утворенню відкладень на поверхні деталей, стінках каналів і трубопроводів, а також погіршують інші експлуатаційні якості нафтопродуктів.

Смолисто-асфальтові речовини додають нафті і нафтопродуктам темний колір. Сірка, яка присутня в нафті і нафтопродуктах по корозійній дії на метал підрозділяється на активну, що безпосередньо викликає корозію і неактивну, яка корозію не викликає.

Азот міститься в малих кількостях (0,03–1,7 %) переважно у важких фракціях нафти. На якість нафтопродуктів азот істотно впливу не надає.

Пряма перегонка нафти дозволяє отримати лише 10–15 % бензину і лише окремі сорти нафти забезпечують вихід бензину до 20–25 %.

Крекінг — є основним методом деструктивної переробки нафти. При крекінгу відбувається розщеплення високомолекулярних вуглеводнів і перетворення їх в легкокиплячі вуглеводні, з яких складаються бензин і інші світлі нафтопродукти. Крекінг не лише збільшує вихід бензину безпосередньо з нафти, але також дає можливість отримувати його з гасу, газойлю – солярових фракцій і навіть мазуту. При крекінгу можна отримати близько 30 % бензину, а в цілому вихід бензину при переробці нафти може бути доведений до 70 %.

Крекінг буває термічний і каталітичний. При термічному крекінгу процес відбувається під дією температури 520–550°C і за тиску 0,2–0,6 МН/м² (парофазний крекінг) або ж при меншій температурі 480–500°C, але вищому тиску порядку 2,0–5,0 МН/м² (рідкофазний крекінг).

Основним недоліком термічного крекінгу є наявність в продуктах переробки до 30–40% неграничних вуглеводнів. Тому бензин термічного крекінгу має погану стабільність і при зберіганні інтенсивно осмолюється і окислюється. Більш досконалішим є каталітичний крекінг. При каталітичному крекінгу розщеплювання важких молекул вуглеводнів нафти відбувається при температурі 430–530°C, тиску близькому до атмосферного і у присутності каталізатора. Каталізатор сприяє утворенню ізомерних граничних вуглеводнів (парафінів) і перетворенню частини неграничних вуглеводнів, що утворилися, на граничні. Тому бензини каталітичного крекінгу мають вищу детонаційну стійкість і хімічну стабільність.

Товарне паливо, тобто те, яке поступає в автогосподарство, найчастіше всього є сумішшю з фракцій, отриманих різними способами переробки.

Автомобільні паливо і масла отримують з нафти шляхом її переробки фізичним або хімічним способом. При хімічних способах відбувається зміна структури і хімічного складу вуглеводнів, які утворюють нафту, а при фізичному способі (прямій перегонці) нафта лише розділяється на фракції (з певними температурами кипіння) без протікання хімічних реакцій.

Підвищення хімічної стабільності палива здійснюється шляхом гальмування процесів окислення ненасичених вуглеводнів. До бензину додаються спеціальні добавки, антиокислювачі (інгібітори). Такі інгібітори, як параоксидифеніламін, деревинно-смоляний антиокислювач тощо, додаються до бензину в сотих і тисячних його долях (по вазі), при цьому збільшують термін зберігання бензину у декілька разів. Підвищення фізичної стабільності бензину досягається зниженням вмісту розчинених в ньому газоподібних і рідких вуглеводнів з дуже високим тиском пари, яка легко випаровується в процесі його транспортування і зберігання. При цьому змінюється фракційний склад, випаровуваність і часто детонаційна стійкість. Бензин пропускають через стабілізаційні установки (колони ректифікації), де відбувається відділення газоподібних вуглеводнів.

Відповідність бензину перерахунком вимогам, залежить перш за все, від його фізико-хімічних властивостей, які визначаються рядом показників.

Основні показники фізико-хімічних властивостей бензинів вказуються в стандарті або в технічних умовах на бензин даної марки. Стандартизація основних показників фізико-хімічних властивостей забезпечує одну і ту ж якість бензину даної марки.

Фракційний склад, тиск насиченої пари, детонаційна стійкість, а також вміст механічних домішок і води в бензині визначають здатність даного бензину утворювати бензино-повітряну суміш потрібного складу за різних умов роботи двигуна.

Фракційний склад це показник, що регламентує кількісний склад фракцій, які википають у певних температурних межах, залишок і втрати при перегонці в стандартних умовах. Чим нижче температура початку перегонки, тим вище втрати при транспортуванні, прийманні, довготривалому зберіганні та відпуску автобензину.

Тиск насиченої пари це показник, що характеризує випаровуваність головних фракцій бензинів, і в першу чергу їх пускові якості. Чим вище тиск насиченої пари бензину, тим легше він випаровується і тим швидше відбувається пуск і нагрів двигуна. Проте, якщо бензин має дуже високий тиск насиченої пари, то він може випаровуватися до змішувальної камери карбюратора, що приводить до погіршення наповнення циліндрів, можливого утворення парових пробок в системі живлення і зниження потужності, перебоїв і навіть зупинки двигуна. Чим вище тиск насиченої пари бензину, тим вище втрати при транспортуванні, прийманні, довготривалому зберіганні та відпуску автобензину.

Густина палива – маса одиниці об'єму, що впливає на процеси випаровування і сумішоутворення, а також на роботу систем живлення, особливо двигунів з системами впорскування (інжекторні двигуни). Підвищення густини палива призводить до погіршення його розпилення, збільшення діаметра крапель, а також збільшення питомої витрати палива та димності відпрацьованих газів.

Масова частка сірки – показник, що враховує наявність в паливі сірки елементної і сірковмісних сполук. Особливою корозійною агресивністю відрізняються активні сірчисті сполуки, до яких відносяться елементарна сірка, сірководень і меркаптани. Присутність активної сірки в бензині не допускається.

Підвищення сірки вище допустимих значень призводить до збільшення агресивності палива і продуктів його згорання, підвищенню зносу деталей

двигуна, відкладень, підвищенню токсичності викидів.

Смоли в бензині утворюють нерозчинні липкі, в'язкі осідання темного кольору, що відкладаються на стінках паливних баків, паливопроводів, в карбюраторі, у впускному трубопроводі, камері згорання, на стрижнях і тарілках впускних клапанів тощо. Під дією високої температури смолисті утворення коксується і перетворюються на нагар.

Частка олефінових вуглеводнів – показник, що обмежується в паливі в об'ємних відсотках (% об.) ненасичені вуглеводні. Незважаючи на те, що в бензині ці вуглеводні підвищують детонаційну стійкість, вони призводять до інтенсивного окислення (осмоленого) палива, знижуючи його хімічну стабільність.

Частка ароматичних вуглеводнів – показник, який вказує наявність у паливі ароматичних сполук. Вимірюється в існуючих стандартах у відсотках за масою (% мас.) або у відсотках за об'ємом (% об.). У бензині ароматичні вуглеводні підвищують його детонаційну стійкість. Загальний недолік ароматичних вуглеводнів в тому, що вони погіршують сумісність палива з гумовими або пластмасовими ущільненнями, збільшують нагароутворення і кількість канцерогенного бенз (а) пірену в продуктах згорання.

Частка бензолу – вимірюється в існуючих стандартах у відсотках за масою (не більше 5% мас.), або у відсотках за обсягом (не більше 1% об.). Наявність бензолу призводить до підвищеного зношування деталей циліндро-поршневої групи, смолоутворенню і нагару на свічках запалювання, забруднення атмосфери, так як він відноситься до групи високотоксичних і канцерогенних речовин.

Збереження первинних якостей бензину в процесі транспортування, зберігання і вживання залежить від його фізичної і хімічної стабільності.

Хімічна стабільність це показник, який характеризує здібність бензину зберігати свої властивості і хімічний склад під час довготривалого зберігання. Хімічна стабільність визначається швидкістю реакції окислення, яка залежить від умов процесу та будови вуглеводнів. При окисненні бензинів накопичуються в них смолисті речовини, що утворюються внаслідок окисненої полімеризації і конденсації продуктів окиснення. На початкових стадіях окиснення вміст в бензині смолястих речовин невеликий, і вони повністю розчинені в ньому. Зі збільшенням процесу окислення кількість смолястих речовин збільшується і знижується їх розчинність у бензині. Накопичення в бензинах продуктів окиснення – вуглеводнів різко погіршує їх експлуатаційні властивості. Смолисті речовини можуть випадати із палива, при цьому утворюються відкладення в резервуарах, трубопроводах тощо. Швидкість реакції окислення вуглеводнів різко підвищується з підвищенням температури. Низьку хімічну стабільність мають олефінові вуглеводні. Найстійкіші до окислення парафінові вуглеводні нормальної будови і ароматичні вуглеводні. Хімічна стабільність бензинів визначається здебільшого їх вуглеводневим станом.

Про хімічну стабільність бензину судять по величині індукційного періоду. Чим вищий індукційний період, тим вища стійкість бензину до окиснення при довготривалому зберіганні. Для забезпечення необхідного рівня хімічної стабільності в автомобільні бензини додають антиокислювальні добавки.

Принцип антиокислювальних добавок полягає в наступному: процес окислення проходить через стадію формування вільних радикалів. Великі

молекули антиокиснювачів, що містять рухливий атом H^* , що здатен з'єднуватися з вільними радикалами з формуванням неактивних молекул $R^* + H^* \rightarrow RH$.

Додатки стабілізують бензин, що в подальшому перешкоджає утворенню смолистих відкладень та збільшує строки зберігання автобензину.

Введення додатків в палива не потребує складного технологічного обладнання, тому застосування антиокислювальних додатків досить поширене в Європі та Україні.

Одним з пріоритетних напрямків діяльності Українського науково-дослідного інституту «Ресурс» є вивчення чинників, які впливають на збільшення строків зберігання матеріальних цінностей, тобто вимоги до якості при виробництві, вивчення сприятливих умов зберігання, при яких залишаються незмінними якісні властивості матеріальних цінностей тощо.

Протягом трьох років Інститутом проводяться спостереження щодо зміни фізико-хімічних властивостей автобензину, в якому були застосовані антиокислювальні добавки для збільшення хімічної стабільності. Систематичні, щоквартальні дослідження та аналіз отриманих результатів не дає можливості зробити остаточні висновки щодо використання антиокислювальних додатків, але на даному етапі чітко простежується позитивна динаміка досліджень та стабільність фізико-хімічних показників бензинів.

Для реалізації державної політики в сфері створення стратегічних запасів нафтопродуктів необхідне доопрацювання нового стандарту на бензини підвищеної якості, з метою врахування завдань, які ставить держава перед Міністерством оборони та Державним комітетом України з державного матеріального резерву щодо довготривалого зберігання нафтопродуктів.

УДК 621.891

**Волосовський В. В., Дмитриченко М. Ф.,
Мнацаканов Р. Г., Лізанець В. І.**
Національний транспортний університет, Україна

ВИЗНАЧЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТІ МАЩЕННЯ В КОНТАКТІ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ТЕМПЕРАТУРИ

За формулами еластогідродинамічної теорії машення вплив температури при розрахунку товщини мастильного шару враховується при визначенні в'язкості масла. В'язкість масла зі збільшенням температури різко зменшується, рис. 1, що має суттєвий вплив на зміну товщини мастильного шару.

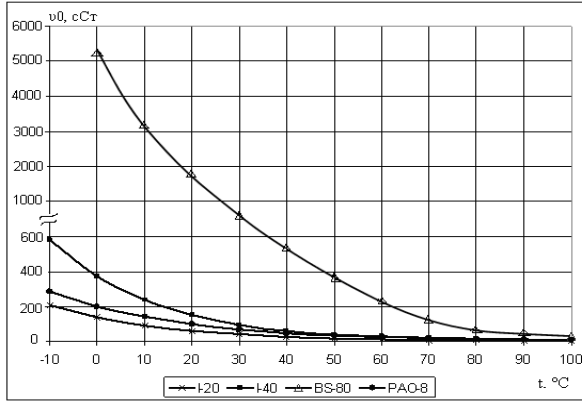


Рис. 1. Вплив температури на кінематичну в'язкість мастильних матеріалів

Нами виконувались дослідження при зміні температури в зоні контакту від -10 до 100°C .

Експериментами встановлено, що незалежно від фракційного складу мастильного матеріалу при підвищенні температури до 20°C товщина мастильного шару збільшується на $80\text{--}85\%$, в порівнянні з аналогічними параметрами при -10°C , подальше підвищення температури до $60\text{--}70^{\circ}\text{C}$ забезпечує незначний приріст товщини мастильного шару, в середньому до 10% . За температури вище $60\text{--}70^{\circ}\text{C}$ товщина змащувального шару в контакті має тенденцію до зниження (рис. 2). Синтетичне масло PAO-8 характеризується самими ефективними змащувальними властивостями за від'ємних температур, а за температури $> 60^{\circ}\text{C}$ товщина змащувального шару, що утворений даним маслом на $15\text{--}25\%$ перевищує товщину шару, утвореного мінеральним маслом I-40 з аналогічною в'язкістю за $70\text{--}100^{\circ}\text{C}$.

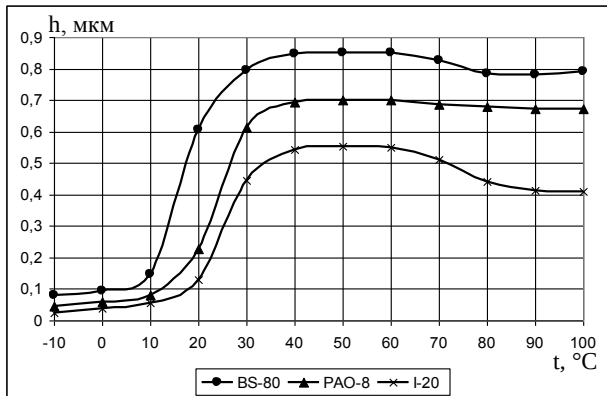


Рис. 2. Залежність товщини змащувального шару від температури
($\sigma_{\max} = 500$ МПа, $V_{\Sigma k} = 1,5$ м/с)

Підвищення швидкості кочення до 1,0 м/с прискорює приріст товщини мастильного шару на 70–75%, незалежно від температури, при подальшому підвищенні швидкості до 2–2,5 м/с товщина змащувального шару підвищується на 20–25%.

Таким чином, підвищення швидкісного параметра є домінуючим фактором в умовах ЕГД режиму мащення, але ступенева залежність $V_{\Sigma k}$ 0,7–0,8, згідно формулам еластогідродинамічної теорії мащення, проявляється лише при $V_{\Sigma k} < 1$ м/с, при подальшому підвищенні швидкості кочення ступінь зменшується до 0,3–0,4. В умовах низьких швидкостей ця залежність більш складна, що обумовлено зміною реологічних властивостей мастильного матеріалу в контакті.

Ми запропонували алгоритм розрахунку зміни динамічної в'язкості масел з урахуванням зміни п'єзокоефіцієнта в'язкості.

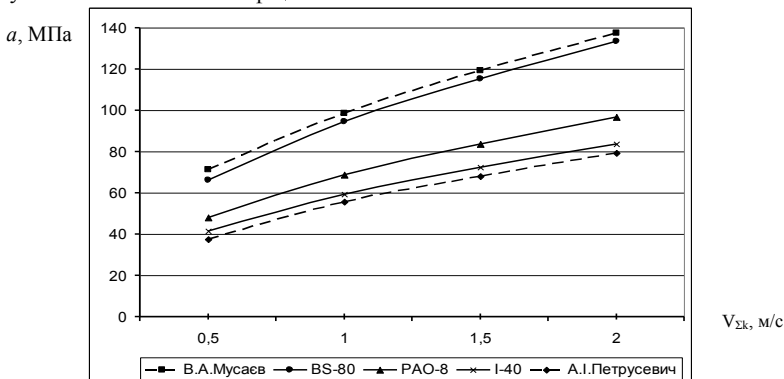


Рис. 3. Залежність п'єзокоефіцієнта в'язкості від швидкості кочення
($\sigma_{\max} = 600$ МПа, $t = 30^{\circ}\text{C}$).

Зміна п'єзокоефіцієнта в'язкості, згідно запропонованому алгоритму розрахунку, незалежно від фізико-хімічного складу мастильного матеріалу, характеризується наступними особливостями: при підвищенні контактної напруги a збільшується (наприклад, збільшення $\sigma_{\max}$ з 200 до 600 МПа обумовлює збільшення a на 43%), зі збільшенням швидкості кочення з 0,5 до 2 м/с забезпечує підвищення п'єзокоефіцієнта в'язкості на 50%.

Приведені залежності п'єзокоефіцієнта в'язкості від тиску і сумарної швидкості кочення добре корелюють з даними, отриманими розрахунковим шляхом за формулами, запропонованими іншими авторами (рис. 3).

Ми пропонуємо номограму (рис. 4) для визначення п'єзокоефіцієнта в'язкості при низьких швидкостях кочення, так як в літературних джерелах немає даних для розрахунку a при пускових швидкостях.

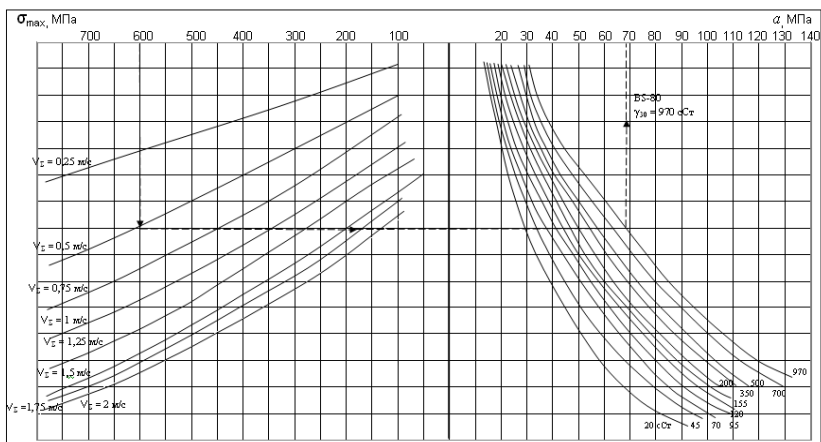


Рис. 4. Номограма для визначення п'єзокоефіцієнта в'язкості при низьких швидкостях кочення

Висновки: визначені кінетика формування товщини мастильного шару в залежності від температури та типу мастильного матеріалу; залежність приросту товщини мастильного шару в пусковий період від сумарної швидкості кочення; запропоновано розрахунок п'єзокоефіцієнта в'язкості в контакті за номограмою.

УДК 621.891

**Козоріз І. М., Дмитриченко М. Ф.,
Мнацаканов Р. Г., Куш О. І.**

Національний транспортний університет, Україна

ЗАКОНОМІРНОСТІ ФОРМУВАННЯ ТОВЩИНИ МАСТИЛЬНОГО ШАРУ В ЕГД-КОНТАКТІ ПРИ ЗМІННОМУ НАВАНТАЖЕННІ

Еластогідродинамічна теорія мащення при визначенні товщини мастильного шару враховує параметри, які найбільше впливають на її зміну, а саме: в'язкість і п'єзокоефіцієнт в'язкості масла, радіуси кривизни поверхонь і їх сумарна швидкість кочення, модуль пружності матеріалу поверхонь і навантаження. Згідно ЕГД-теорії мащення, модуль пружності і навантаження або величина контактних напруг має дуже слабкий вплив на товщину мастильного шару. Нашими експериментами встановлено, що при зміні величини контактних напруг від 100 до 700 МПа, незалежно від швидкості кочення, товщина шару зменшилась на 25 – 27%.

h, мкм

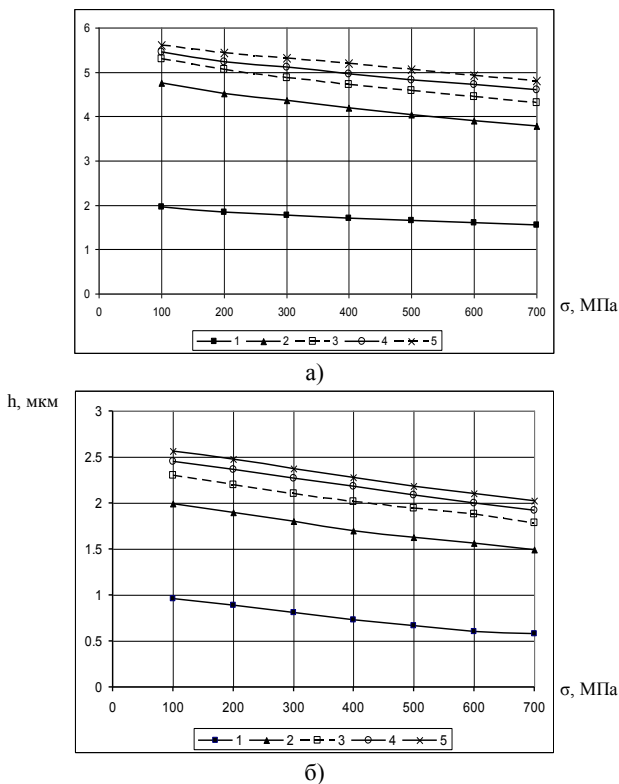
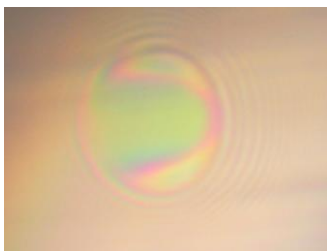


Рис. 1. Вплив контактної напруги σ на зміну товщини мастильного шару h в нестационарних умовах при напрацюванні 200 циклів:

а) масло BS-80,

б) масло I-40. 1 - $V_{шк} = 0,5$ м/с; 2 - $V_{шк} = 1$ м/с; 3 - $V_{шк} = 1,5$ м/с; 4 - $V_{шк} = 2,0$ м/с; 5 - $V_{шк} = 2,5$ м/с.

На рис. 1, 2 приведені графіки зміни товщини мастильного шару мінеральних масел I-20, I-40, BS-80 і синтетичного масла PAO-8 зі зміною навантаження для різних швидкостей кочення при температурі масла $25 - 27^{\circ}\text{C}$.



а)



б)

Рис. 2. Вплив контактних напруг σ на зміну товщини мастильного шару h в контактї.

- а) - $\sigma_{\max} = 200$ МПа,
 б) - $\sigma_{\max} = 400$ МПа, мастильний матеріал – індустріальне масло І-20, $V_{\Sigma k} = 1,0$ м/с

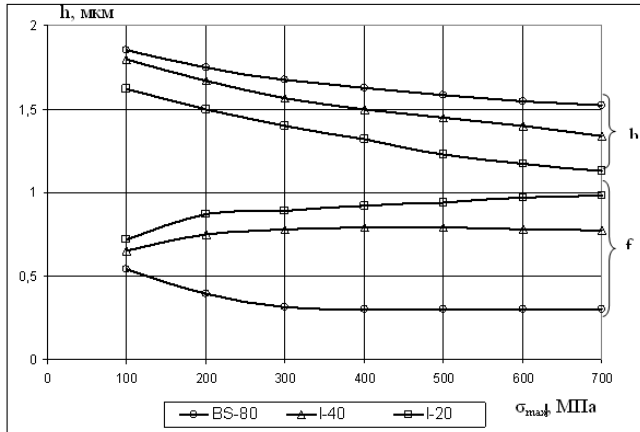


Рис. 3. Залежність товщини мастильного шару h і коефіцієнта тертя f від навантаження σ .

Температура роботи мастильних матеріалів вибрана з умови, що при високих навантаженнях така температура встановлюється в результаті тепловиділення при терті, а при низьких навантаженнях виконувався підігрів до 25°C .

З приведених графіків видно, що вплив навантаження більше проявляється при більших швидкостях. Тобто вплив навантаження позначається тим сильніше, чим більша товщина шару. Наприклад, для масла BS-80 підвищення контактної напруги зі 100 до 700 МПа, при швидкості $V_{\Sigma} = 2,5$ м/с зменшило товщину шару на 0,48 мкм, а при $V_{\Sigma} = 0,1\text{--}0,5$ м/с – тільки на 0,20 мкм. Різниця товщини змащувальних шарів при цих тисках для різних марок масел неоднакова. Збільшення навантаження зменшує товщину шару у мінерального масла І-40 і синтетичного масла РАО-8, а особливо у малов'язкого масла І-20 більш інтенсивно, ніж у BS-80. Можливо це пояснюється тим, що масло BS-80 має в порівнянні з вищевказаними маслами більший п'єзокоєфіцієнт в'язкості.

У відповідності з еластогідродинамічною теорією, масло BS-80, що має більшу в'язкість, утворює мастильні шари більшої товщини і має менший коефіцієнт тертя. Ми вважаємо, що в контактї реалізується тертя не чисто рідинне, де застосовуються закони контактної термодинаміки, а, ймовірно, напіврідинне, для якого частково справедливі і закони теорії граничного мащення. З теорії граничного режиму змащування відомо, що масла мають різну здатність пружного опору стиску при збільшенні навантаження.

Видавлювання мастильного шару до його розриву зі збільшенням навантаження до $\sigma_{\max} = 700$ МПа нами не спостерігалось, якщо температура в контактї була нижче критичної. При навантаженнях більше 550 МПа на роликах зі

сталі 45 (HRC = 40) спостерігаються пластичні деформації контактуючих поверхнь в початковий період припрацювання.

Висновки:

1. У роботі встановлено кінетику зміни товщини мастильного шару у залежності від навантаження та в'язкості мастильного матеріалу.

2. Визначено, що вплив навантаження на динаміку формування товщини мастильного шару суттєвіше проявляється при швидкостях кочення більших за 1 м/с.

УДК 621.891

**Лізанець В. І., Дмитриченко М. Ф.,
Мнацаканов Р. Г., Туриця Ю. О.**

Національний транспортний університет, Україна

ВПЛИВ КОМПОНЕНТІВ МАСТИЛЬНОГО МАТЕРІАЛУ НА ГРАДІЄНТ МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПОВЕРХНЕВИХ ШАРІВ МЕТАЛУ

Більшість видів зносу при терті супроводжується пластичною деформацією поверхневих шарів, тому важливим є вивчення структурних змін поблизу поверхні тертя. При визначенні якісної сторони зносу необхідно досліджувати всі етапи перетворень в поверхневих шарах. Тільки при такій постановці питання можна пояснити явища тертя і встановити механізми підвищення зносостійкості.

Проведені металографічні дослідження на косих шліфах виявили дисперсність структури після загартування Ст45, що важко диференціювати під мікроскопом. Ми вважаємо, що структура близька до троосто-мартеситу або бейніту (голчатому трооститу або продукту проміжного перетворення (рис. 1). Методом вимірювання мікротвердості приповерхневих шарів встановлено, що після шліфування зразків на абразивному крузі утворюється наклепаний деформований шар ($H_{20} = 10300$ МПа) на відстані 10 мкм від поверхні, на відстані 12–13 мкм мікротвердість складає 5800–6000 МПа, що відповідає значенням мікротвердості основного матеріалу. Градієнт механічних властивостей до 10 мкм позитивний. При терті цей шар розміцнюється – мікротвердість рівна, в середньому, 5850 МПа.

При змащуванні мінеральним маслом І-40 з досліджуваними присадками та добавками на випереджаючій поверхні після 3000 циклів зафіксовано наступні особливості зміни градієнту механічних властивостей по глибині. Для базового масла І-40, а також його суміші з добавками фулерена C_{60} , MoS_2 і ГС-4 встановлено значне підвищення мікротвердості на глибині 0,3–6 мкм для І-40 і на глибині 0,25 – (2,5–3,2) мкм для перерахованих присадок (рис. 2). Добавки RVS і петролатума характеризуються більш широким спектром зміщеної зони на відстані 0,3 – (7,5–8,5) мкм від поверхні (рис. 3).

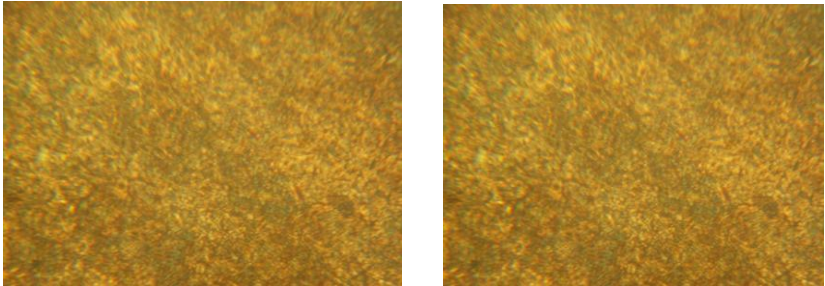


Рис. 1. Структура Ст45 після загартування ($\times 350$), травлення 4% розчином азотної кислоти.

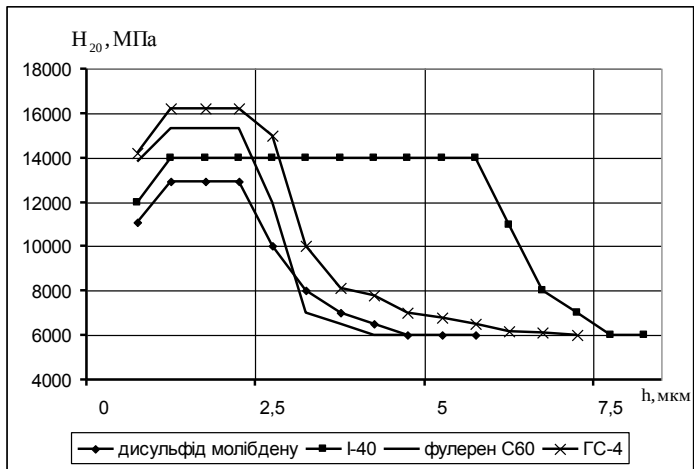


Рис. 2. Зміна мікротвердості приповерхневих шарів

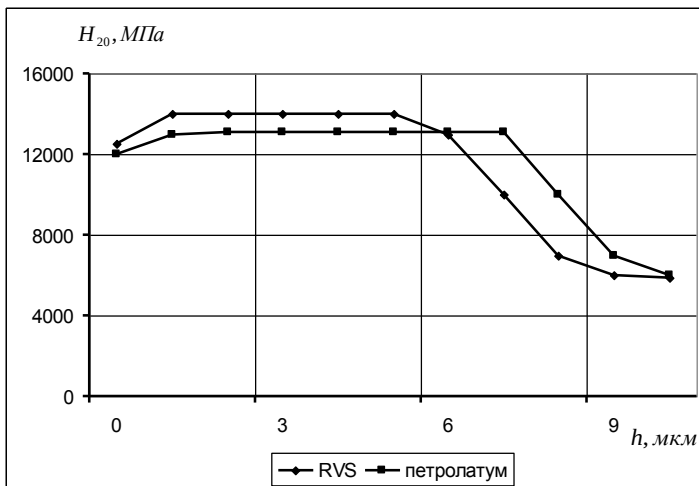


Рис. 3. Зміна механо-хімічних властивостей по глибині на випереджаючій поверхні

Додавання таких компонентів, як ГСМ-1 і олеїнова кислота, приводить до розміщення не тільки поверхневого шару, але і приповерхневих шарів металу в процесі тертя (рис. 4).

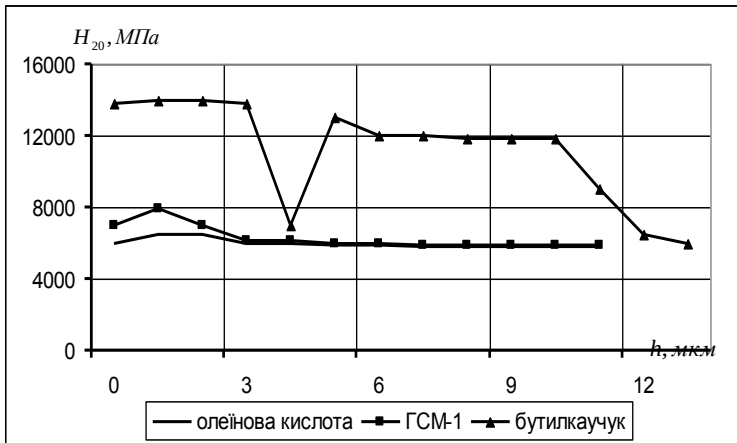


Рис. 4. Зміна мікротвердості приповерхневих шарів

На відстаючій поверхні встановлені аналогічні зміни мікротвердості приповерхневих шарів, H_{20} на 200–300 одиниць перевищує вказані значення для випереджаючої поверхні.

На основі одержаних даних можна зробити висновок, що при використанні

антифрикційних добавок MoS_2 , ГС-4 та нанодисперсного компоненту фулерену C_{60} спостерігається зменшення зони деформаційного зміцнення. Це свідчить про екрануючу ефективність граничних адсорбційних шарів.

Додавання RVS та петролатуму в базове масло І-40 призводить до розширення зони деформаційного зміцнення металу за різними механізмами. Це є передумовою для поширення деструкційної пружної деформації вглиб металу, що призводить до подріблення зерен кристалічної решітки та структуризації зони приповерхневих шарів, в порівнянні з І-40. Однак, зносостійкість пар тертя підвищується за рахунок зміцнення поверхневих шарів металу.

Нами було проведено аналіз лінійного зносу випереджаючої поверхні при застосуванні досліджуваних добавок (рис. 5).

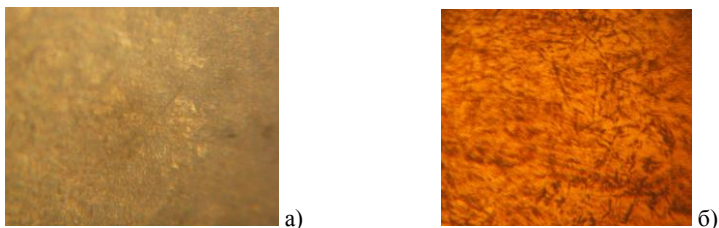


Рис. 5. Структура приповерхневих шарів Ст45 при змащуванні розчинами бутилкаучуку (а) та олеїнової кислоти (б).

Головним чинником, що знижує зносостійкість Ст45 в нестационарному режимі тертя при змащуванні 5% розчином петролатуму, є фізико-хімічний склад мастильного матеріалу: збільшення концентрації насичених вуглеводнів в умовах кочення з проковзуванням ослаблює когезійну силу взаємодії молекул граничного шару, відбувається його часта зміна, що призводить до ослаблення екрануючої дії адсорбційного шару на зниження тангенціальної напруги зсуву, дія якої поширюється на приповерхневі шари металу.

Встановлено, що змащування вузла тертя розчином бутилкаучуку забезпечує найефективніше підвищення зносостійкості цієї поверхні. На фотографіях мікрошліфів приповерхневих шарів випереджаючого зразка виділена зона накопичення дислокацій, що знаходиться на відстані, відповідному встановленому падінню значень мікротвердості для бутилкаучуку, у порівнянні з олеїновою кислотою, для якої встановлено розміщення всієї зони приповерхневих шарів внаслідок пластифікування.

Висновки: За результатами металографічних досліджень встановлено, що ширина зони деформаційного зміцнення приповерхневих шарів металу залежить від:

- кінетики утворення та природи адсорбційних шарів, ступеня структуризації молекул і радикалів мастильного матеріалу на поверхні металу (І-40, суспензій фулерену C_{60} , MoS_2 , RVS, петролатуму);
- пластифікуючого ефекту (для розчину олеїнової кислоти не встановлено зони зміцнення);
- граничного рівня накопичення дислокацій (відсутність зони зміцнення для

суспензії ГСМ-1 та початкове зародження тріщини при найбільшій ширині зміцненої зони – 10 мкм – для розчину бутилкаучуку).

УДК 621.891

Міланенко О. А., Дмитриченко М. Ф., Кучер О. Г.
Національний транспортний університет, Україна

АЛЬТЕРНАТИВНИЙ МЕТОД РОЗВ'ЯЗАННЯ ДВОМІРНОЇ ЕЛАСТОГІДРОДИНАМІЧНОЇ (ЕГД) ЗАДАЧІ В ТОЧКОВОМУ КОНТАКТІ ТЕРТЯ

Теорія ЕГД-контактів тертя розглядає мащення пружних контактів. Вона вимагає спільного розв'язання рівняння пружної деформації й рівняння Рейнольдса. ЕГД-теорія мащення відрізняється від класичної гідродинамічної теорії наступним:

1. Враховує пружну деформацію контакту при визначенні товщини мастильного шару.

2. Враховує залежність в'язкості від тиску.

3. Враховує стисливість оливи.

Ізотермічна ЕГД-теорія мащення розроблялася на підставі таких передумов:

1. Не враховуються зміни в'язкості та об'єму оливи, викликані змінами температури.

2. Не враховується вплив бокових витрат оливи, що обґрунтовані розмірами зони динамічного тиску.

Процес тертя в умовах ЕГД-мащення характеризується наступними параметрами: еквівалентним радіусом кривини R , м; радіусом контактної площі a , м; зредукованим модулем пружності E' , Па; характеристиками в'язкості мастильного матеріалу: динамічною в'язкістю η , Па·с та п'єзокоефіцієнтом в'язкості α , Па⁻¹, навантаженням на контакт F , Н, швидкістю кочення V , м/с; товщиною мастильного шару h , м.

Задачу ізотермічного точкового контакту можна описати трьома рівняннями. Перше – рівняння Рейнольдса, що враховує залежність тиск-в'язкість, що має вигляд :

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(\rho \cdot h^3 \cdot e^{-\alpha p} \cdot \frac{\partial p}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\rho \cdot h^3 \cdot e^{-\alpha p} \cdot \frac{\partial p}{\partial y} \right) = 12 \cdot \eta_o \cdot V \cdot \frac{\partial}{\partial x} (\rho \cdot h), \quad (1)$$

причому $p \geq 0$ – умова кавітації; $p = 0$ на межі; щільність $\rho = \rho(p)$ відповідно, що враховує стисливість оливи.

Друге рівняння описує товщину мастильного шару в умовах деформації, яке матиме такий вигляд:

$$h(x, y) = h_{o.o} + \frac{x^2 + y^2}{2R_x} + \frac{2}{\pi \cdot E'} \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{p(x_1, y_1) \cdot dx_1 \cdot dy_1}{((x - x_1)^2 + (y - y_1)^2)^{\frac{3}{2}}}, \quad (2)$$

де $R_x = R_y$ – точковий контакт; x, y – декартові координати; x_l, y_l – вузлові точки уздовж осей X и Y ; $h_{o.o}$ – постійна центральна товщина плівки.

Третє рівняння, що описує рівноваги сил, має наступний вигляд:

$$F = \int_{-a}^{+a} \int_{-a}^{+a} p(x; y) \cdot dx \cdot dy. \quad (3)$$

а) Рівняння Рейнольдса

Рівняння (1) нелінійне відповідно до залежності в'язкості й щільності від тиску, тому його варто записати щодо зредукованого тиску q , обумовленого формулою:

$$q = \frac{1 - e^{-\alpha \cdot p}}{\alpha}. \quad (4)$$

Із формули (4) випливає, що при $q \rightarrow 1/\alpha$ фактичний тиск прагне до нескінченності. Тому незначні зміни форми плівки при $q \approx 1/\alpha$ можуть призвести до істотних змін тиску. Як відзначається в роботі (Дмитриченко Н. Ф. Еластогидродинамика. – Львов: Изд-во Национального университета «Львовская политехника», 2000. – 224 с.) при $P_{max} = 1 \text{ ГПа}$ й $\alpha = 0,02 \text{ МПа}^{-1}$ на відстані від околу контакту $x/b = 0,02$, де $P_{max} = 200 \text{ Мпа}$, зредукований тиск $q \approx 1/\alpha = 50 \text{ МПа}$. Отже, близько 98 % площі фактичного контакту повинно мати постійну товщину.

Із формули (4) параметр q набуває наступного вигляду:

$$p = -\frac{1}{\alpha} \cdot \ln(1 - \alpha \cdot q). \quad (5)$$

Після введення безрозмірних параметрів:

$$H = \frac{h \cdot R_x}{a^2}; \quad \bar{x} = \frac{x}{a}; \quad \bar{y} = \frac{y}{a}; \quad \bar{\rho} = \frac{\rho}{\rho_o},$$

приводимо методом диференційного розв'язання рівнянь ліву частину рівняння

(1) по $\bar{X}$, використовуючи співвідношення (5):

$$\frac{\partial p}{\partial x} = -\frac{1}{a \cdot x} \cdot \frac{1(-\alpha)}{1 - \alpha q} \cdot \frac{\partial q}{\partial x} = -\frac{1}{a \cdot \alpha} \cdot e^{-\alpha p} \cdot (-\alpha) \cdot \frac{\partial q}{\partial x} = \frac{1}{a} \cdot e^{-\alpha p} \cdot \frac{\partial q}{\partial x}. \quad (6)$$

Значення в дужках лівої частини рівняння (1) матиме наступний вигляд:

$$\rho \cdot h^3 \cdot e^{-\alpha p} \cdot \frac{\partial p}{\partial x} = \rho \cdot \left(\frac{H \cdot a^2}{R_x} \right)^3 \cdot e^{-\alpha p} \cdot \frac{1}{a} \cdot e^{-\alpha p} \cdot \frac{\partial q}{\partial x} = \frac{\rho \cdot H^3 \cdot a^5}{R_x^3} \cdot \frac{\partial q}{\partial x}. \quad (7)$$

Отже:

$$\frac{\partial}{\partial x} \cdot \left(\frac{\rho \cdot H^3 \cdot a^5}{R_x^3} \cdot \frac{\partial q}{\partial x} \right) = \frac{a^4}{R_x^3} \cdot \frac{\partial}{\partial x} \cdot \left(\rho \cdot H^3 \cdot \frac{\partial q}{\partial x} \right). \quad (8)$$

Аналогічне приведення виконується для правої частини рівняння (1) по $\bar{y}$:

$$\frac{\partial}{\partial y} \cdot \left(\frac{\rho \cdot H^3 \cdot a^5}{R_y^3} \cdot \frac{\partial q}{\partial y} \right) = \frac{a^4}{R_y^3} \cdot \frac{\partial}{\partial y} \cdot \left(\rho \cdot H^3 \cdot \frac{\partial q}{\partial y} \right). \quad (9)$$

Третя складова рівняння Рейнольдса (1) запишеться так:

$$12 \cdot V \cdot \eta_0 \cdot \frac{\partial}{\partial x} \cdot (\rho \cdot h) = 12 \cdot V \cdot \eta_0 \cdot \frac{1}{a} \cdot \frac{\partial}{\partial x} \cdot \left(\rho \cdot \frac{H \cdot a^2}{R_x} \right) = 12 \cdot V \cdot \eta_0 \cdot \frac{a}{R_x} \cdot \frac{\partial}{\partial x} \cdot (\rho \cdot H). \quad (10)$$

Беручи до уваги те, що для точкового контакту $R_x = R_y$, й перемножуючи всі частини рівнянь (8-10) на R_x^3/a^4 і $1/\rho_0$, одержимо наступне рівняння:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(\bar{\rho} \cdot H^3 \cdot \frac{\partial q}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\bar{\rho} \cdot H^3 \cdot \frac{\partial q}{\partial y} \right) = 12 \cdot V \cdot \eta_0 \cdot \frac{R_x^2}{a^3} \cdot \frac{\partial}{\partial x} \cdot (\bar{\rho} \cdot H). \quad (11)$$

Таким чином, при розгляді ЕГД-задачі про котіння пружної сфери по пружній площині, двовірний ізотермічний ЕГД-модель мащення буде полягати у спільному розв'язанні рівняння Рейнольдса (1) з урахуванням в'язкості від тиску і стисливості мастила (4) і рівняння товщини мастильного шару (пружності) (2) з уточненням початково обраного розподілу тиску за допомогою рівняння рівноваги сил (3), які у приведеному вигляді запишуться так:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(\bar{\rho} \cdot H^3 \cdot \frac{\partial q}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\bar{\rho} \cdot H^3 \cdot \frac{\partial q}{\partial y} \right) + \lambda \cdot \frac{\partial}{\partial x} \cdot (\bar{\rho} \cdot H) = 0, \quad (12)$$

де $\lambda = -12 \cdot V \cdot \eta_0 \cdot \frac{R_x^2}{a^3}$ – безрозмірний параметр швидкості.

б) Рівняння для товщини мастильного шару

На додаток безрозмірним параметрам H , $\bar{x}$, $\bar{y}$, $\bar{\rho}$, вводяться наступні безрозмірні параметри:

$$P = \frac{p}{p_h}; \quad P_h = \frac{3 \cdot F}{2 \cdot \pi \cdot a^2}; \quad \bar{\alpha} = \alpha \cdot P_h; \quad a^3 = \frac{3 \cdot F \cdot R_x}{2 \cdot E}, \quad (13)$$

де P_h – максимальний контактний тиск.

Тоді рівняння (2) набуває наступного вигляду:

$$H(\bar{x}; \bar{y}) = H_{o.o} + \frac{\bar{x}^2 + \bar{y}^2}{2} + \frac{2}{\pi^2} \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{p(\bar{x}_1; \bar{y}_1) \cdot d\bar{x}_1 \cdot d\bar{y}_1}{((x - \bar{x}_1)^2 + (y - \bar{y}_1)^2)^{3/2}}. \quad (14)$$

У даному рівнянні інтеграл можна записати як суму інтегралів по квадратах:

$$\int_{x_2 - \frac{\Delta x}{2}}^{x_2 + \frac{\Delta x}{2}} \int_{y_2 - \frac{\Delta y}{2}}^{y_2 + \frac{\Delta y}{2}} \frac{p(\bar{x}_1; \bar{y}_1) \cdot d\bar{x}_1 \cdot d\bar{y}_1}{((x - \bar{x}_1)^2 + (y - \bar{y}_1)^2)^{3/2}}. \quad (15)$$

Вважаючи тиск по квадратах постійним і, виконуючи інтегрування, маємо:

$$H_{ij} = H_{o.o} + \frac{\bar{x}_i + \bar{y}_j}{2} - \frac{2}{\pi a^2} \sum_k \sum_\ell \ln(q_{kl}) \cdot \left\{ xp \cdot arsh \left(\frac{yp}{xp} \right) + yp \cdot arsh \left(\frac{xp}{yp} \right) \right\}.$$

$$\begin{aligned}
 & -xm \cdot \operatorname{arsh} \left(\frac{yp}{xm} \right) - yp \cdot \operatorname{arsh} \left(\frac{xm}{yp} \right) - xp \cdot \operatorname{arsh} \left(\frac{ym}{xp} \right) - ym \cdot \operatorname{arsh} \left(\frac{xp}{ym} \right) + \\
 & + xm \cdot \operatorname{arsh} \left(\frac{ym}{xm} \right) + ym \cdot \operatorname{arsh} \left(\frac{xm}{ym} \right) \Bigg\},
 \end{aligned} \tag{16}$$

$$\begin{aligned}
 \text{де} \quad xp &= \left| \bar{x}_i - \bar{x}_k \right| + \frac{\Delta \bar{x}}{2}; \quad xm = \left| \bar{x}_i - \bar{x}_k \right| - \frac{\Delta \bar{x}}{2}; \\
 yp &= \left| \bar{y}_i - \bar{y}_\ell \right| + \frac{\Delta \bar{y}}{2}; \quad ym = \left| \bar{y}_i - \bar{y}_\ell \right| - \frac{\Delta \bar{y}}{2}; \\
 \Delta \bar{x} &= \bar{x}_i - \bar{x}_{i-1}; \quad \Delta \bar{y} = \bar{y}_j - \bar{y}_{j-1}; \quad \operatorname{arsh}(z) = \ln(z + \sqrt{1+z^2}).
 \end{aligned}$$

Де i – число вузлів в X - напрямку; j – число вузлів в Y - напрямку; $\Delta \bar{x}$, $\Delta \bar{y}$ – крок скінченно-різничевої сітки.

Третє рівняння рівноваги сил (3) можна записати у вигляді безрозмірних змінних:

$$\sum_i \sum_j \Delta \bar{x} \cdot \Delta \bar{y} \cdot \ln(q_{ij}) + \frac{2 \cdot \bar{\alpha} \cdot \pi}{3} = 0, \tag{17}$$

де підсумовування робиться по усій зоні контакту.

Розв'язанню системи нелінійних інтегрально-диференціальних рівнянь ставилася у відповідність третя крайова задача для самоспряженого еліптичного диференційного рівняння другого порядку в прямокутнику методом верхньої релаксації по лініях. Розв'язання рівнянь здійснювалося методом ітерацій. Кожен ітераційний цикл складався з послідовного розв'язання рівняння Рейнольдса (12), рівняння товщини (16) і уточнення початково обраного розподілу тиску. Це уточнення здійснювалося так, щоб результуючий розподіл тиску врівноважував навантаження за формулою (17). Для першої ітерації використовувалася ділянка поля контакту та наявного в ньому тиску, отриманого за спрощеною методикою (Дмитриченко Н.Ф., Миланенко А.А., Мнацаканов Р.Г., Золотарева Е.П. Упрощенный расчет напряжений и деформаций для точечного локального контакта // Вісник НАУ, К.- 2001.- №1(8). – С.35).

Зазвичай при обрахунках число ітерацій відповідало кількості кроків скінченно-різничевої сітки за координатою X , задаваної при моделюванні профілів товщини мастильного шару та пружної деформації.

Рівняння товщини мастильного шару (16), записане як сума інтегралів по квадратах, розв'язувалося відповідно до часткового розв'язання задачі Бусінеска для точкового контакту, яка дала змогу визначати прогин крайових точок півпростору під впливом заданого тиску (за Герцом). Для цього проводився дискретний розподіл, щоб при точності розрахунку, що вимагалася, можна було припустити сталість тиску в інтервалі. За критерій збіжності ітераційного процесу приймався тиск, більший від нуля всередині поля контакту, але такий, що дорівнював нулю ззовні цієї ділянки.

На рис. 1, a -в продемонстровано профілі товщини мастильного шару та пружної деформації, побудовані залежно від навантаження для помірних

швидкостей кочення з урахуванням стисливості й нестисливості оливи для мінеральної оливи SAE20W-50.

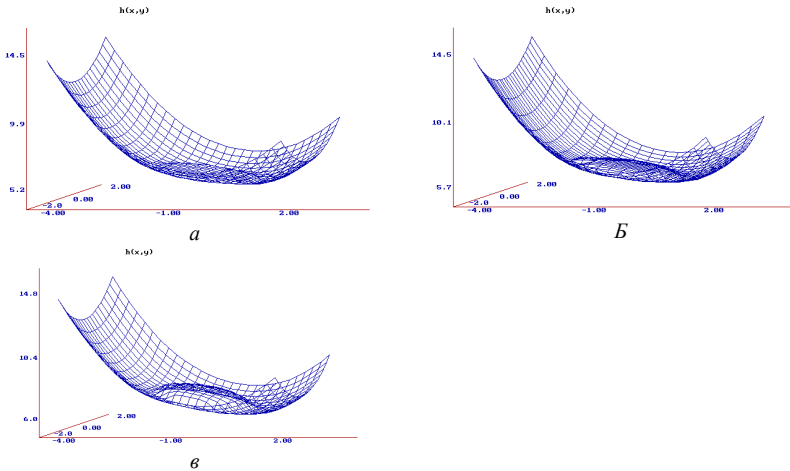


Рис. 1. Профілі товщини плівки та пружної деформації при малому навантаженні та помірній швидкості кочення:

- а) – $W = 0,405 \cdot 10^{-6}$; $U = 1,80 \cdot 10^{-11}$; $G = 1788$ для нестисливої оливи; при помірному навантаженні й швидкості кочення;
- б) – $W = 0,809 \cdot 10^{-6}$; $U = 2,70 \cdot 10^{-11}$; $G = 1788$ для нестисливої оливи; при високому навантаженні й помірній швидкості кочення;
- в) – $W = 2,428 \cdot 10^{-6}$; $U = 3,20 \cdot 10^{-11}$; $G = 1788$ для стисливої оливи.

Слід відзначити, що побудована форма плівки вздовж середньої лінії контакту має типові особливості ЕГД-точкового контакту. Товщина плівки майже постійна й близька до окружності Герца. Із збільшенням швидкості кочення збільшується значення поточної товщини $h(x,y)$ і, що характерно для форми ЕГД-плівки, виникає її звуження з боку виходу з контакту, а на межах, в поперечному напрямку, товщина мастильного шару стає мінімальною. Причому із збільшенням швидкості (див. рис. 1, б) звуження на виході із контакту охоплює все більшу частину зони контакту Герца. Облік стисливості оливи принципово не впливав на форму плівки, хіба що невеликим зміщенням звуження у бік центру контакту.

Розподіл товщини мастильного шару стисливої оливи характеризується більш вираженою деформованою плівкою при наявності характерного редана (звуження) у вихідній області контакту. Крім того, при максимальних значеннях швидкості (див. рис. 1, в) дане звуження з'являється перед зоною контакту Герца.

У всіх випадках мінімальна товщина плівки складала $65 \div 75$ % товщини у центральній області контакту.

Побудовані розподіли товщини плівки підтвердилися теоретичними й експериментальними результатами, отриманими в роботах (Хэмрок, Даусон. Изотермическая упругогидродинамическая смазка точечных контактов. Часть III. – Обильная смазка // Труды Амер. общ. инж.-мех.: Проблемы трения и смазки. –

1977.; Evans H., Snidle R. The Elastohydrodynamic Lubrication of Point Contacts of Heavy Loads // Proc. Roy. Soc. London. – 1982).

УДК 621.891

**Туриця Ю. О., Дмитриченко М. Ф.,
Мнацаканов Р. Г., Мікосянчик О. О.**
Національний транспортний університет, Україна

ВИВЧЕННЯ КІНЕТИКИ ФОРМУВАННЯ ТОВЩИНИ МАСТИЛЬНОГО ШАРУ ТА ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ ЗНОШУВАННЯ ПОВЕРХОНЬ ТЕРТЯ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ЗАБРУДНЕНOSTІ ОЛИВ

Режими мащення вузлів і деталей двигунів внутрішнього згорання більш ніж на 70% визначають їх довговічність, тому стан оливи, а також стан системи мащення є головними чинниками, що визначають довговічність ДВЗ. При роботі двигунів властивості змащувальних оливи змінюються: відбувається їх забруднення механічними домішками і водою, продуктами згорання палива і зносу деталей, накопляються розчинні і зважені продукти окислення, олива старіє. Найбільш помітні зміни якості викликані процесами окислення і термічного розпаду вуглеводнів оливи, які є основною причиною утворення лаків і нагарів в зоні циліндропоршневої групи.

Нами були проведені дослідження для встановлення механізму формування товщини мастильного шару.

Дослідження проводилися на установці СМЦ-2, в режимі пуск (4,5 с) – зупинка (3 с). Цикли слідували один за іншим, без перерви, всього циклів в експерименті $N=1750$. У дослідях при відносному ковзанні 15% в якості зразків використовувались циліндричні ролики ($d = 50$ мм), виготовлені зі сталі 40Х, початкова шорсткість поверхонь складала 0,37 мкм, максимальна контактна напружка 574 МПа. Як мастильний матеріал використовувалась синтетична трансмісійна олива для задніх редукторів Honda Ultra DPSF: товарний зразок і відпрацьована олива – термін експлуатації 30 тис. км.

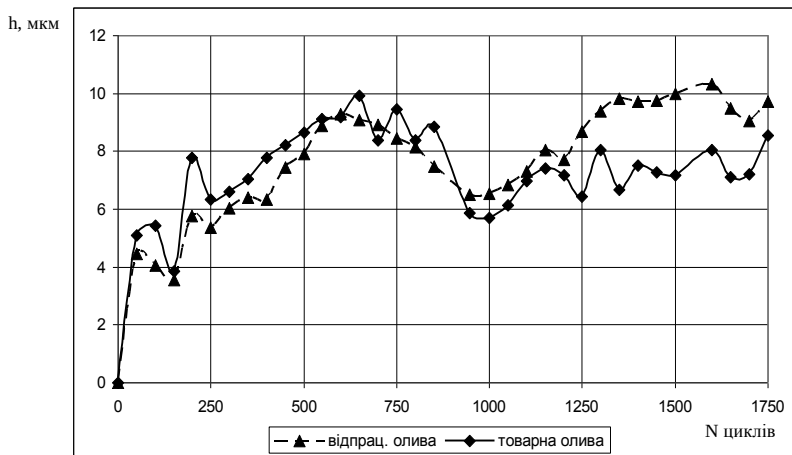


Рис. 1. Кінетика формування товщини мастильного шару оливою Honda Ultra DPSF

Під час дослідження пускових змащувальних властивостей олив встановлено, що кінетика формування товщини мастильного шару в процесі пуску для товарної оливи до 200 циклів домінує, після 800 циклів напрацювання змащувальна здатність відпрацьованої оливи краще, ніж змащувальна здатність товарної оливи, різниця складає до 2,5 мкм (рис. 1).

Ми вимірювали товщину мастильного шару на зупинці, що відповідає негідродинамічній складовій товщини мастильного шару. Встановлено, що для товарної оливи Honda Ultra DPSF товщина адсорбційних граничних шарів до 350 циклів напрацювання складає 1,5 мкм, а при послідууючій наробітці вона зменшується до 0,1 мкм, поступово зростає до 700–800 циклів, а далі відбувається зрив мастильного шару до 70% на зупинці (рис. 2).

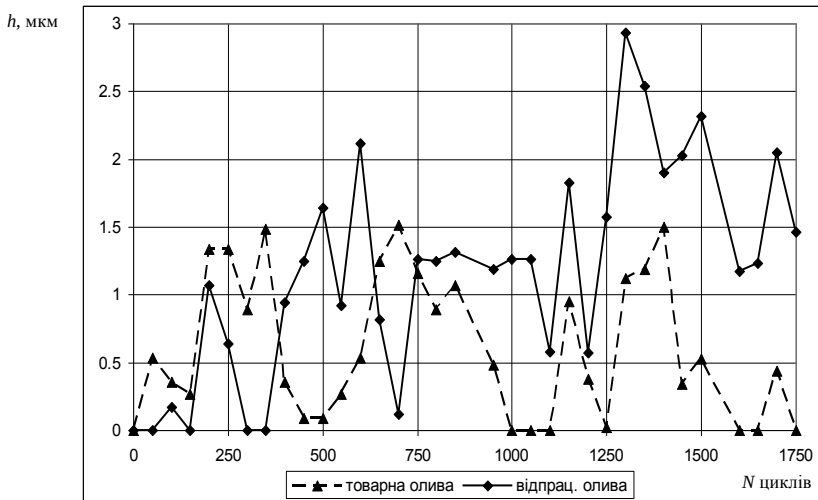
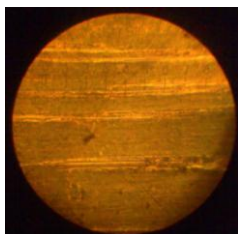


Рис. 2. Кінетика формування негідродинамічної складової товщини мастильного шару

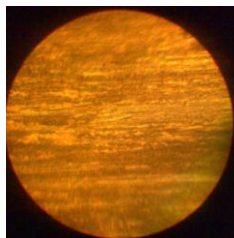
Отже, для товарної партії не встановлено адаптації граничних шарів на контактних поверхнях при напрацюванні. На відміну від даної оливи відпрацьована олива характеризується ефективними властивостями щодо формування стійких граничних шарів – при напрацюванні до 700 циклів зрив змащувального шару складає на зупинці 30%, в подальшому гранична плівка характеризується високою адсорбційною стійкістю, її товщина складає, в середньому, 1,5 мкм.

Дослідження поверхонь зразків виконувалось на мікроінтерферометрі МП-4.

При дослідженні поверхонь тертя товарної оливи (рис. 3) було виявлено велику кількість борозен – на 90% площі контакту утворюються сильні адгезійні зв'язки між поверхнями металу, що пов'язано з руйнуванням граничних шарів мастильного матеріалу при напрацюванні більше $N = 800$ циклів.



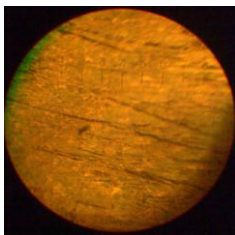
відстаюча поверхня



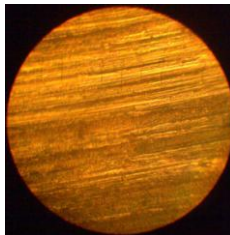
випереджаюча поверхня

Рис. 3. Поверхня тертя сталі 40X з ділянками борозен при змащуванні товарною оливою Honda Ultra DPSF.

Поверхні металу, що змащувались відпрацьованою оливою (рис. 4), характеризуються утворенням борозен до 30% контакту.



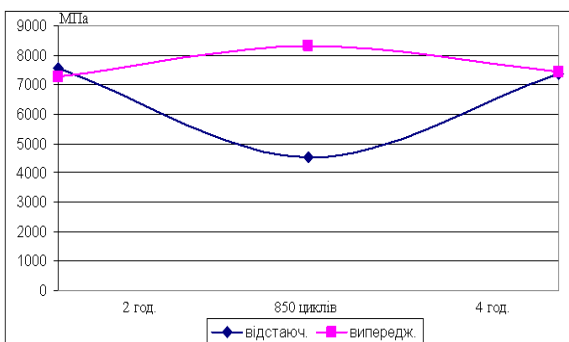
відстаюча поверхня



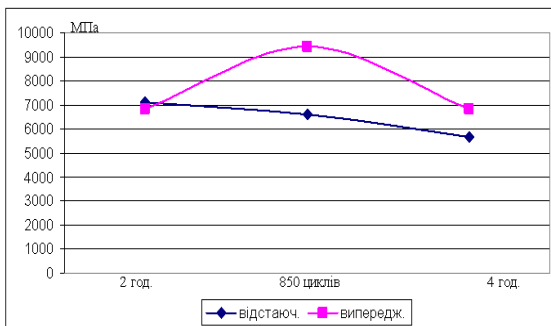
випереджаюча поверхня

Рис. 4. Поверхня тертя сталі 40Х з ділянками борозен при змащуванні відпрацьованою (30 тис. км. пробігу) оливою Honda Ultra DPSF

Ми вважаємо, що дані утворення поверхонь тертя проявляються при початковому напрацюванні до 700 циклів наробітки, надалі утворення сильних адгезійних зв'язків між поверхнями припиняється.



а)



б)

Рис. 5. Мікротвердість зразків після напрацювання 2 год, 4 год. при використанні відпрацьованої (а) та товарної оливи (б) Honda Ultra DPSF.

Можливо це пов'язано з розміщенням поверхні металу (рис. 5) та реалізацією ефекту Ребіндера при адсорбції на поверхні металу кислих продуктів, які утворилися в оливі при її експлуатації, внаслідок чого пластифікуються поверхневі шари металу.

Висновок: досліджено кінетику зміни товщини мастильного шару (гідродинамічної і негідродинамічної складової) товарної і відпрацьованої оливи; встановлено вплив граничних адсорбційних шарів на кінетику зміни мікротвердості поверхневих шарів металу при напрацюванні.

УДК: 662.749.3:662.749.38/39

Цыгичко Э. Б., Чешко Ф. Ф., Банников Л. П.

Украинский государственный научно-исследовательский институт «УХИН», Украина

К ВОПРОСУ ОБ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ АНТРАЦЕНОВОЙ ФРАКЦИИ КАМЕННОУГОЛЬНОЙ СМОЛЫ

В настоящее время для условий Украины весьма актуален поиск относительно дешевых видов топлива, которые могут заменить в энергетических процессах нефтяной мазут. Одним из таких заменителей могут явиться товарные продукты с ограниченной ликвидностью или отходы производства коксохимической подотрасли. В этом плане особенный интерес представляют фракции каменноугольной смолы. Стоимость последней в несколько раз ниже стоимости мазута, а теплоты сгорания этих продуктов различаются незначительно.

В настоящее время каменноугольная смола перерабатывается непосредственно на коксохимических предприятиях – главным образом по непрерывной технологии т. наз. однократного испарения с последующей ректификацией выкипающей части. Невыкипающий остаток – пек – является безальтернативным сырьем для высоколиквидных связующих материалов, используемых в электродной, алюминиевой и др. отраслях промышленности. Продукты на его основе находят применение не только на металлургических предприятиях Украины, но поставляются на экспорт (в страны ближнего и дальнего зарубежья). Выкипающие фракции каменноугольной смолы используются для производства технического углерода (антраценовая фракция); как абсорбент для улавливания бензольных углеводородов из коксового газа (поглотительная фракция); в качестве сырья для производства нафталина и фенолятов натрия и в других целях.

Получение максимальной прибыли от реализации продуктов переработки каменноугольной смолы связано с решением двух задач:

- повышение четкости разделения фракций;
- управление выходом фракций (в т.ч. и невыкипающего остатка) в зависимости от изменений конъюнктуры рынка.

При этом сбыт ряда выкипающих фракций каменноугольной смолы остается достаточно нестабильным, в результате чего они используются как компоненты котельных топлив – последнее направление реализации для современных

отечественных условий гарантирует стабильную и практически неограниченную реализацию.

На наш взгляд представляется актуальной разработка гибких технологических процессов, позволяющих осуществлять перераспределение продуктов термофракционирования каменноугольной смолы с целью увеличения выхода пека за счет менее ликвидных материалов (которые в определенные периоды находят только энергетическое использование).

Одним из способов, позволяющих решить поставленную задачу, является переработка смолы в присутствии химически-активных веществ, способствующих интенсивному наращиванию средней молекулярной массы низкомолекулярных составляющих смолы и – как следствие – увеличению выхода пека.

На основании имеющихся литературных данных и проведенных в УХИНе исследований был подтвержден предполагаемый общий химический механизм влияния ряда химически-активных веществ на процесс термофракционирования каменноугольной смолы в необходимом направлении. Полученные результаты подтверждены экспериментами выкипающими фракциями каменноугольной смолы (в частности, с антраценовой). Выявлено, что исследуемые процессы (в условиях близких к условиям промышленного термофракционирования каменноугольной смолы на коксохимических предприятиях Украины) приводят к практически полному переводу в пек второй антраценовой фракции (наиболее высокомолекулярной составляющей выкипающих компонентов смолы). На основании проведенных экспериментов сделан вывод о непосредственном участии в процессах уплотнения химически-активных групп определенного класса, содержащихся в исследуемых веществах.

Следует отметить, что применение изучавшихся добавок при переработке смолы практически не ухудшает качество как получаемого пека, так и выкипающих фракций каменноугольной смолы.

Таким образом, разработанный технологический прием позволяет при наличии экономической целесообразности (изменение конъюнктуры рынка) перевести часть антраценовой фракции в состав высоколиквидного пека, сохранив значительное ее количество для использования в качестве компонента энергетического топлива.

При этом антраценовая фракция освобождается от веществ, повышающих коксовое число котельного топлива, что обеспечивает устойчивый режим работы горелочных устройств, снижение образования нагара и золы, а также уменьшение объемов выбросов загрязняющих (дисперсных и серосодержащих) веществ в атмосферу. Кроме того, улучшаются такие физические показатели качества топлива, как термическая стабильность и устойчивость к осадкообразованию.

Dr. Xavier Montagne

Fuels, Lubricants and Emissions Department Head,
IFP, Rueil Malmaison Cedex, France

**ECOLOGICAL PERSPECTIVES OF DIESEL FUEL USE FOR REDUCTION
OF POLLUTANT AND CO₂ EMISSIONS**

As environmental constraints are increasing with the need to diversify energy sources to preserve sustainable development, automotive manufacturers and refiners will have to handle two major challenges over the next few years:

Reductions in greenhouse gas emissions, strongly linked to energy savings,

Limits on local pollutants such as CO, unburned hydrocarbons (UHC), NO_x, PM, O₃ and noise, to improve quality in urban environments without undermining economic development.

Diesel engine is one of the most promising candidates able to meet these challenges realistically; in Europe, the market share of diesel vehicles is continuously increasing. To fulfill future requirements, technology providers will have to invest in new combustion processes and to improve diesel fuel formulation.

European context: EuroV level, alternative fuels

Particulates and NO_x will be by far the most troublesome diesel engine emissions to be addressed by the Euro V standards. This emission limit has been set so that reductions can be achieved by further internal engine improvements, without NO_x post-treatment. As the technology for further NO_x reduction is still to be established definitively, it is therefore proposed not to reduce NO_x emissions below 200mg/km. Besides, a strong weight reduction (80%) in particulate emissions from diesel vehicles will be required. This low emission limit will de facto require the introduction of diesel particulate filters (DPFs). At a later stage, a new standard limiting the emission of particles taking into account their size ranges can be expected.

The high thermodynamic efficiency and consequently, low CO₂ emissions of diesel engines could attract an increasing part of the automotive market. Considering CO₂ emission targets, European car manufacturers are committed to reduce the new car fleet average CO₂ emission to less than 140 g/km. If the current trend is maintained, the target could be reached, but the trend so far is largely due to diesel's increasing market share. To keep the curve slope, significant improvements in both gasoline and diesel will be necessary.

For NO_x reduction, SCR is a solution which is becoming effective for industrial use and, overall, for heavy duty vehicles. Its implementation for cars is still under development. De-NO_x catalysts and NO_x-traps need some improvements to be strongly competitive. Issues involving durability, sensitivity to sulphur and high cost need to be cleared up.

Particle filters are very active after pollutants have been produced. An alternative approach could be to curb pollutant emissions upstream in the combustion chamber. Modifications in the combustion process to produce fewer pollutants have to be studied. Advanced combustion processes used in HCCI engines have been investigated with very promising perspective in terms of NO_x and PM emissions. However, hydrocarbon (HC) and carbon monoxide (CO) emissions remain high at full load, and limit both operating range and power output. Further, Euro V emission levels will not be reached without further technology adaptations such as active, for example, management of the cooling function.

Considering this evolution, it appears that two strategies could enable manufacturers to at least comply with the drafted Euro V emission standards: the use of conventional engine technologies coupled with advanced post-treatment, particularly

DPF, and the development of new technologies using advanced combustion processes that could need a more simple post-treatment strategy.

Diesel Engine Technologies: developments in conventional diesel engines

Many technological improvements have been recently developed to comply with increasingly severe regulations and to improve an engine's specific consumption. Direct injection of diesel fuel is now common practice, together with the introduction of post-treatment devices such as the oxidation catalyst which enables a better control of emissions of CO, UHC and, to a lesser extent, particulates. General acceptance has been rapid for the high pressure (up to 2000bar) direct injection diesel engine, such as the "Common-Rail" or "Unit Injector".

Moreover, turbocharged engines with pre-injection are making further progress, especially regarding reduced fuel consumption.

Plans for the near future include obtaining very low pollutant emission levels simultaneously with lower consumption aimed to reduce CO₂ emissions. To reach this target, several strategies will be used: continued engine downsizing, closer control of the injection process, through increased injection pressure, multiple injection points and reduced injection hole diameters, increased application of turbo charging and introduction of variable valve timing, expanding use of exhaust gas recirculation (EGR), advanced post-treatment devices, especially DPFs and NO_x traps.

Diesel Engine Technologies: development of advanced diesel engines

To pass the emission requirements for near-zero pollutants and low CO₂ levels, which are the challenges for future power trains, many research efforts are currently carried out worldwide on new engine combustion processes, such as the LTC (Low Temperature Combustion) and the Homogeneous Charge Compression Ignition (HCCI). These new processes have the potential to reduce NO_x and particulate emissions (PM) by a factor between 10 and 100 compared to conventional gasoline or diesel engines. The main issue in developing such combustion modes remains the limited ranges of engine speed and load that enable good engine operation according to required levels for NO_x and noise emissions.

To overcome limitations in power output, IFP developed a "dual mode" engine. The engine uses highly premixed combustion (HPC) at low and medium loads to reach very low NO_x and particulate emissions, and conventional diesel combustion at high load, to reach diesel engine power and torque standards. This means that the combustion system should be able to switch between the two combustion modes.

To achieve highly premixed combustion (HPC) and globally to control closely the HCCI combustion process, it is important to mix fuel and air properly prior combustion. It is also important to control and develop the combustion auto-ignition phase. A very efficient method to do it is to reduce air temperature and oxygen content. This is the reason why high EGR and internal gas recycle (IGR) rates, reduced compression ratios (values between 14:1 and 16:1), and an EGR cooler need to be considered. Ultimately the added benefit is a lower combustion temperature.

The diesel engine will then continue its technical development and this evolution process will have significant consequences on the fuel requirements.

Alternative pathway

Diversification of the energy sources and the proposal of solutions having high potential for CO₂ reduction are among the major research axis. As a prelude, let us

precise that every pathway have to be explored for their global performances, which means taking into account the CO₂ emission balance from well to wheel. Following will be consider possible alternative pathways, with special attention given to biofuels, which have very positive CO₂ balance.

Since many years, the biodiesel label was only given to the methyl ester of fatty acids. Since the beginning of the century, biodiesel covers a larger spectrum of compounds: FAME but also FAEE (Fatty Acid Ethyl Esters) and synthetic fuel obtained from biomass (called synthetic biodiesel).

FAME and FAEE are obtained by transformation of biomass products (vegetal oils) by reaction with an alcohol (methanol or ethanol). This process, called transesterification, aims at converting the oil (obtained by treatment of the seed) into an ester which properties are close to EN590 diesel fuel. These products are identified as "First generation Biodiesel".

Nowadays, methanol is commonly used to get FAME (Fatty Acid Methyl Esters). Some strict specifications have been defined on these products, such as EN14214 in Europe, to enable their use as diesel fuel bases without major risk. In Europe, biodiesel is a blend of RME and SME and is used either without being mentioned, according to EN590 specifications up to 5% in volume, or at higher levels: B100 in Germany, B30 in France on dedicated fleets.

Due to its properties: cetane number, distillation curve, lubricant effect, biodiesel has demonstrated since the beginning of the 90's its potential as a diesel fuel substitute, in terms of combustion and pollutant emissions. Further, the studies done on modern engine technologies do not reveal any issue due to compatibility. Yet, some parameters still have to be closely controlled, especially those that could be linked with the product oxidation stability.

Now it is proposed to replace methanol with ethanol to produce Fatty Acid Ethyl ester. The main advantage of this new pathway lies in the opportunity to use bio-ethanol instead of methanol produced from fossil fuels. The technical characteristics of FAME are not strongly different from those of FAEE and substitution could happen without major concern. In the next future, an enlargement of the raw material used to produce biodiesel can be foreseen, including animal fat, the final biodiesel product having to remain in line with the EN14214 specification. CO₂ balance and compatibility with engines give to this pathway a very promising potential. The main drawback of FAEE are linked with the co-products. To reach high CO₂ reduction levels, the valorisation of the co-products is mandatory.

A lot of research is currently being led to find ways to use the entire plant, which means to make diesel fuel not only with the corn, but also the cellulosic parts. One promising way uses processes such as gasification / Fischer-Tropsch synthesis. This process, commonly called BtL (Biomass to Liquid), allows using various types of plants (farming products, but also trees) to synthesize a liquid diesel fuel.

Moreover these products, called synthetic biodiesel or second generation biodiesel are characterized by a simple composition: pure paraffinic products, no aromatics, no sulphur, high cetane index, density around 0,775, high H/C ratio, properties similar to those of the synthetic GTL diesel fuels. This gives them a very high potential either when used pure as fuel or as high quality diesel fuel bases. Of course, these properties allow a strong reduction in pollutant emissions of vehicles (over 60% reduction of

CO emissions, over 40% reduction of HC emissions, 20% to 50% reduction of PM emissions).

Another pathway to produce second generation biodiesels is the transformation through direct high hydrotreatment of renewable raw material such as vegetal oils, followed by a post-treatment to obtain diesel fuel cuts with characteristics similar to those already described. The most well-known products of this category, called NextBtL (or NExBTL), are produced through a process developed and patented by Neste Oil and are currently developed with the support of Total.

The process converts biological triglycerides – such as vegetable oils and animal fats- to a high quality diesel fuel. The products can be directly incorporated in the diesel fuel, as BtL or use as a pure component.

Synthetic diesel fuels account among the important alternatives, using as raw material either natural gas, or coal to produce the Syn Gas which, via a Fischer-Tropsch synthesis will lead to components with high quality as Diesel fuel.

These products have a high potential as diesel fuel, either used pure or as diesel fuel bases, taking benefit from the lack of aromatic compounds, sulphur and of their high cetane number. These products offer very significant performances for the reduction of pollutant emissions (over 60% reduction of CO emissions, over 40% reduction of HC emissions, 20% to 50% reduction of particulates emissions), but their CO₂ emissions should also be considered in terms of well the wheel balance. On this point, this pathway still need strong efforts.

Perspective

In the coming years, the development of diesel engines will continue, with an increasing market share of engines having very low pollutant emission levels, highly turbocharged, and with direct injection at very high injection pressure. Simultaneously, the homogeneous combustion mode for diesel engines appears a very promising alternative with interesting possibilities concerning the control of particulate and NO_x emissions from their origin. These technical developments will generate increased demand for advanced fuels. Future diesel fuels will have to contribute to a better control of pollutant emissions such as particulate matter via the control of their polyaromatics content. Moreover, the coexistence of homogeneous and conventional combustion modes within the same engine could lead to emerging needs to control the auto-ignition and volatility of diesel fuels, lead to “technological” fuels. However, considering the time it takes to renew the diesel automotive fleet, it will take several years before advanced diesel fuels and engines achieve a significant share of the market. In parallel, as described by the European Directive, biofuels will certainly increase their market share due to their very advantageous CO₂ balance and on their good compatibility with the advanced diesel engines. It is then toward largely open areas that diesel fuel formulation will evolve in the next future. Yet, advanced diesel fuels and second generation Biodiesel will be accessible only in a medium term, whereas the NextBtL pathway could quickly emerge. The other synthetic diesel fuels have large development perspectives but their evaluation should consider them globally, taking into account their CO₂ emissions.

АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ТОПЛИВА ДЛЯ ВОЗДУШНО-РЕАКТИВНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ И МЕТОДОЛОГИЯ ИХ ВЫБОРА

Эффективность авиационной техники зависит не только от технического совершенства силовых установок и планера летательного аппарата (ЛА), но и от того, на каком топливе будет работать силовая установка (СУ). Причинно-следственные связи между СУ и ЛА при переходе на новое топливо невозможно рассматривать в отрыве от эксплуатационных особенностей топлив, что предопределяет необходимость рассматривать в целом систему «летательный аппарат – силовая установка – топливо» (ЛА-СУ-Т). Это становится весьма актуальным при создании на альтернативные виды топлив, что ставит новые проблемы и задачи перед конструкторами перспективных СУ и ЛА. В связи с этим очень важно достоверно и быстро давать оценку перспективным проектам СУ и ЛА. Одной из проблем оценки эффективности использования нового топлива и создания методологии допуска является многодисциплинарность исследуемой системы «ЛА-СУ-Т» и сложность физико-химических процессов, протекающих в элементах системы при ее эксплуатации. Наиболее эффективным подходом для решения этих проблем является системный анализ. Системное исследование формируется на трех основных этапах, суть которых состоит в том, что необходимо построить модель исследуемой системы, т.е. дать формализованное описание изучаемого объекта, сформулировать критерий решения задачи системного анализа, т.е. поставить задачу исследования, и далее решить поставленную.

Любой ЛА имеет конкретное назначение, а конечный результат его работы оценивается эффективностью (транспортной, стоимостной и т.д.), которая, в свою очередь, формирует свойства ЛА.

Эффективность ЛА зависит от свойств элементов системы. Свойства топлива играют одну из ключевых ролей. Топливо определяет облик двигателя, особенности его рабочего процесса и конструкцию. Особенно сильно на эффективность работы СУ влияют эксергетические возможности топлива и двигателя, т.е. возможности топлива и конструкции двигателя увеличивать работу цикла. Например, турбореактивный двигатель реализует в тягу только теплоту сгорания топлива, а при использовании альтернативных криогенных топлив, кроме более высокой теплоты сгорания появляются новые эксергетические возможности: хладоресурс и работоспособность топлива, используемые до его сгорания. Сильное влияние свойства топлива оказывают и на конструкцию ЛА. Вполне очевидное влияние на конструкцию планера и его аэродинамические характеристики ЛА оказывают плотность, энергоемкость, а также условия нахождения в топливных баках (химическая агрессивность, температура и т.д.).

Вопросы использования топлива, в особенности альтернативного, относятся к категории критических технологий, а актуальность в постановке проблемы оптимального применения топлива в системе «ЛА-СУ-Т» вызвана внутренними (локальными) и внешними (глобальными) проблемами.

Поэтому требуется провести системный анализ для выработки путей решения проблем по использованию альтернативного топлива в авиационных силовых установках.



Рис. 1. Блок-схема математической модели системы «ЛА-СУ-Т»

Как отмечалось выше, первый этап системного исследования – создание модели системы «ЛА-СУ-Т». Для комплексного решения проблемы использования топлива на этапе предварительного анализа и формирования облика системы «ЛА-СУ-Т» создана комплексная математическая модель (КММ) (рис.1). КММ базируется на современных инженерных методиках, которые позволяют проводить расчет аэродинамических и объемно-массовых характеристик ЛА, тягово-экономических и удельно-массовых характеристик авиационных двигателей различных схем. Оценка эффективности системы «ЛА-СУ-Т» осуществляется при моделировании полетного задания путем решения дифференциальных уравнений движения ЛА. Наряду с выше-перечисленными ММ серьезное внимание уделяется моделированию свойств топлив и анализу химмотологических процессов.

Алгоритмы физико-химических процессов в элементах топливной системы невозможно реализовать без знания свойств топлив. Поэтому КММ содержит ММ теплофизических и эксплуатационных свойств топлив (авиакеросинов, авиационных сконденсированных топлив, криогенных и др.). Свойства топлива (плотность, динамическая и кинематическая вязкость, давление насыщенных паров, сила поверхностного натяжения, теплопроводность, коэффициент диффузии паров, теплоемкость при постоянном давлении и при постоянном объеме, теплота плавления и испарения, низшая теплота сгорания, газовая

постоянная, энтальпия, энтропия, показатель адиабаты и ряд других) оцениваются в широком диапазоне температур и давлений. Это позволяет достоверно проводить расчет разнообразных элементов топливных систем. В КММ осуществляется учет стоимости топлива для сравнительного рассмотрения экономического эффекта тех или иных схемных решений.

Системный подход обязывает оценивать адекватность ММ, т.е. выполнять основные принципы непротиворечивости, работоспособности и реалистичности ММ.

При решении задач по оптимизации технического облика системы «ЛА-СУ-Т» использовался пакет оптимизации российской разработки IOSO (Indirect Optimization on the basis of Self-Organization); русский вариант названия – МНСО (Метод непрямой статистической оптимизации на основе СамоОрганизации).

Аэродинамическая и объемно–массовая компоновка ЛА формирует исходные данные для геометрических размеров топливных баков. Одна из задач, решаемая КММ, расчет параметров криогенной топливной системы при которых обеспечивается хранение заданного количества топлива на борту летательного аппарата и подача его к турбонасосному агрегату двигателя (ТНА) с кавитационным запасом, обеспечивающим устойчивую работу ТНА во всем диапазоне расходов. При этом параметры топливной системы будут оптимальными, если данные задачи выполняются с минимальными потерями топлива через предохранительный клапан (в результате нагрева), а масса и габариты топливной системы минимальны. Это позволяет оценить условия эксплуатации ЛА, а именно: время стоянки до взлета и после посадки, потери топлива при хранении и в процессе полета, что, в свою очередь, влияет на критерии эффективности системы «ЛА-СУ-Т». Количество испаренного топлива из баков и вредных выбросов являются исходными данными для экологических оценок.

При использовании криогенного топлива в схемах СУ могут быть криогенные насосные агрегаты, криотопливо-воздушные теплообменники и автономные турбины, работающие на нагретом несгоревшем топливе. Тем самым, КММ позволяет оценивать не только критерии высокого уровня (дальность полета, массу полезной нагрузки и т.д.), но и химмотологические явления. Иначе говоря, анализируется влияние топлива на систему «ЛА-СУ-Т».

Авиационная техника, с одной стороны, всегда являлась самой передовой в области технических решений и технологий, но, с другой стороны, в авиации применяют проверенные для уменьшения технического риска, решения. Проблема замены вида топлива выходит за рамки задач, решаемых в авиационной промышленности, т.к. главный вопрос заключается в следующем: на какое топливо необходимо переходить? Наравне с водородом и метаном в качестве авиационного топлива рассматривается распространенный в природе попутный нефтяной газ (ПНГ). Специфика добычи попутного газа заключается в том, что он является побочным продуктом нефтедобычи. Потери ПНГ связаны с неготовностью инфраструктуры для его сбора, подготовки, транспортировки и переработки, отсутствием потребителя, в связи с чем ПНГ просто сжигается. По геологическим характеристикам различают ПНГ газовых шапок и газы, растворённые в нефти, т.е. ПНГ представляет собой смесь газов и паров

углеводородных и неуглеводородных компонентов, выделяющихся из нефтяных скважин и из пластовой нефти при её сепарации.

Переработка с максимальной утилизацией ПНГ позволяет получить различные виды газомоторного топлива: компримированный природный газ (КПГ), сжиженный природный газ (СПГ), сжиженный углеводородный газ (СУГ) для автомобильного транспорта (ГОСТ 27578-87), авиационное сконденсированное (газовое) топливо (АСКТ) на ТУ 39-1547-91, представляющее собой смесь углеводородных газов с преобладанием бутана, широкая фракция легких углеводородов (ШФЛУ). Эти топлива состоят, в основном, из предельных углеводородов (алканов) с условной формулой C_nH_{2n+2} , которые присутствуют в ПНГ. С одной стороны, смесь легких углеводородов в различных композициях позволяют создать различные составы с разной плотностью и теплотой сгорания, а выбор состава АСКТ зависит от сырьевых возможностей, из которых будет создаваться АСКТ, и обоснованности его технического использования. С другой стороны, так как ПНГ требуется перерабатывать для получения смеси согласно ТУ или ГОСТ, можно создавать состав, наиболее приспособленный для использования в авиации, при этом способствуя повышению эффективности системы «ЛА-СУ-Т», в настоящее время имеются отработанные технологии получения углеводородов заданного состава.

Рассмотрим задачу, решенную с помощью описанной КММ по определению оптимального состава нового АСКТ. Три типа транспортных самолетов: легкий (ЛТС), средний (СТС) и тяжелый (ТТС) – должны перевозить максимальную полезную нагрузку, соответственно, 20, 40 и 120 тонн, на заданную дальность. В качестве прототипа ЛТС взят проектируемый самолет Ил-214Т с двигателями ПС-12. Прототип СТС – самолет Ил-76 с двигателями Д-30КП, а прототип ТТС – самолет Ан-124 с двигателями Д-18. В качестве критерия оптимизации выбрана минимальная взлетная масса ЛА. Вектор варьируемых переменных включает в себя самолетные и двигательные параметры, а также состав АСКТ, ($n-C_5H_{12}$, $n-C_6H_{14}$, $n-C_7H_{16}$, $iso-C_6H_{14}$). В качестве ограничивающих параметров выбраны геометрические размеры грузовой кабины. Компоненты АСКТ являются жидкими во всем диапазоне высот и скоростей полета, т.е. АСКТ можно заправлять в баки ЛА, также, как и авиакеросин; при этом конструкция топливной системы остается практически без изменений. Одной из задач является определение долевого состава АСКТ.

В результате оптимизационного исследования установлено, что на всех типах ТС взлетная масса в среднем меньше на 5%, по сравнению с керосном. Все оптимальные варианты рассматриваемых ТС потребляют практически одинаковый долевого состав АСКТ. n -пентан ($n-C_5H_{12}$) – 0,58, n -гексан ($n-C_6H_{14}$) – 0,06, iso -гексан ($iso-C_6H_{14}$) – 0,18, n -гептан ($n-C_7H_{16}$) – 0,18. Выбросы CO_2 в атмосферу снижаются в среднем на 10 %, а стоимость одного летного часа снижается в 3 раза. Проведенное исследование дает основание для проведения более детального исследования по формированию параметров ЛА и СУ, а также разработки технических условий на новое АСКТ.

Таким образом, методики расчета характеристик ЛА и СУ существенно дополнены учетом химмотологических процессов и реализованы в комплексной математической модели с использованием системного анализа.

МОДЕРНИЗАЦИЯ МАТЕРИАЛОВ ТРИБОСИСТЕМ: ПЕРСПЕКТИВЫ МИКРОБНОЙ БИОТЕХНОЛОГИИ

Проблема трения и изнашивания известна Человеку с незапамятных времён, даже более того, возможно, с этой проблемой Он познакомился ещё раньше, чем осознал себя Человеком... Всё время от глубокой древности и до наших дней находились всё новые и новые решения проблемы изнашивания. Усложнялись (и становились дороже) конструкции машин и механизмов, а вместе с этим возрастали требования к их надёжности и долговечности.

В этой работе мы попытаемся проанализировать решённые и нерешённые задачи триботехнического материаловедения в целом, оценить перспективы дальнейшего развития этого научного направления. И, в частности, рассмотрим биологический подход к решению задачи модернизации материалов узлов трения.

Одним из наиболее совершенных узлов трения в природе является сустав высшего позвоночного, в котором наблюдаются и композиционная структура, и обновление материала, наличие микроскопических структурированных элементов (свободно плавающие и фиксированные клетки и макромолекулы с различными функциями – прототипы наномашин) и многое другое. Однако, не имея миллиарда лет на эволюцию, мы пока ограничим несколько менее амбициозный круг задач и рискнём применить в триботехнике уже испытанные материаловедами методы микробной биотехнологии.

Основным условием стабильной работы узла трения является образование так называемого рабочего слоя, или слоя вторичных структур, который защищает поверхность основного материала от схватывания и катастрофического износа.

Свойства поверхности можно изменить либо модифицируя материал, либо добавив новый материал, либо посредством нанесения покрытия.

Если в поверхностных слоях материала создавать определённое структурно-фазовое и энергетическое состояние, то можно целенаправленно изменять функциональные свойства материала. Это становится возможным благодаря формированию на поверхности соответствующих покрытий или своеобразных барьерных слоёв, которые обеспечивают существование оптимального термодинамического состояния. Любое, на первый взгляд, стабильное структурно-фазовое состояние существует довольно короткое время, переходя к новому уровню нестабильности благодаря процессам, которые увеличивают общую энтропию и, соответственно, уменьшают свободную энергию материала. В результате провоцируется очередной переход к квазистабильному состоянию и так далее. Важно создать условия, в которых эти переходы будут происходить с наименьшей периодичностью. Поскольку возникновение и существование систем,

склонных к самоорганизации является прямым следствием неравновесности.

В открытых системах с кооперативным характером микропроцессов, при взаимодействии встречных потоков энергии и вещества возникают процессы упорядочения, которые сопровождаются снижением энтропии и образованием диссипативных структур. Встречаясь в живой и неживой материи, это явление обосновано теоретической физикой и имеет прикладное значение.

Эксперименты, проведенные Боуденом и др. в 1951 г. показали, что если металлические поверхности выдержать на воздухе, то они сразу же покрываются адсорбированными молекулами кислорода и воды. На благородных металлах такие плёнки могут быть не больше, чем в одну или две атомных толщины. Неблагородные металлы вступают в химические реакции, и на большинстве металлических поверхностей образуется плёнка оксидов металлов.

Слои оксидов на чистом или бедном примесями металле параллельны исходной поверхности образца и поверхности раздела. Систематические исследования воздействия молекулярного кислорода и продуктов окисления углеводородов на процессы трения и изнашивания как металлических материалов, так и неметаллов, в частности, полимеров, проведены Б. И. Костецким. На основании полученных данных была разработана теория окислительного износа, а обнаружившиеся при трении плёнки получили название вторичных структур.

Кроме кислорода на процессы трения и изнашивания оказывают влияние активные элементы, находящиеся в среде, такие как сера, фосфор, хлор и др. По утверждению А. П. Куричиной на поверхности металла вследствие химической и физической адсорбции всегда имеются плёнки оксидов и органических соединений. Большая часть адсорбированных плёнок имеет молекулярную природу. Это обуславливает то, что между ними возникают более слабые взаимодействия, чем между ювенильными поверхностями металлов, что способствует антифрикционности.

Присадки поверхностно-активных (ПАВ) и химически-активных веществ (ХАВ) ко многим маслам снижают или предотвращают развитие процессов схватывания. Среди обилия ХАВ наибольший интерес представляют присадки, содержащие серу, хлор и фосфор. Присадки, содержащие активную серу, помимо химического модифицирования (формирование слоя сульфидов) прирабатываемых поверхностей трения облегчают пластическое деформирование поверхностных слоёв и тем самым создают хорошие условия для реализации электрогидродинамического эффекта. Сульфидированные поверхностные плёнки обладают высокими противоизносными и противозадирными свойствами.

Небольшое количество воды несколько улучшает противозадирные свойства масел. Это объясняется тем, что вода, взаимодействуя с присадками, содержащими серу или хлор, гидролизует эти соединения, усиливая их полярную активность. Вместе с тем вода, как правило, способствует коррозионному изнашиванию, и её отрицательное влияние может оказаться преобладающим. В работе (Мельников В. Г. Работоспособность и кинематические закономерности трибохимических превращений пластичных смазок в зоне трения качения. // Трение и износ, 2005, № 1, С.58 – 73.) установлено, что работоспособность смазочных материалов зависит от состава и свойств как исходных компонентов, так и продуктов их трибораспада, а также от скорости реакций трибораспада.

Наличие в смазке присадок серы, хлора и фосфора приводят не только к формированию пластифицированного поверхностного слоя, но и к образованию твёрдого раствора на основе меди и отдельных соединений меди с присадками, создавая упрочнённый подповерхностный слой основного металла.

Для удовлетворения всё возрастающих требований к эксплуатационным свойствам материалов трибосистем необходимо изыскивать новые, более совершенные материалы и методы повышения износостойкости рабочих поверхностей с целью увеличения надёжности и долговечности узлов трения современной техники. Мы находим перспективным путь усовершенствования материалов с помощью биологических технологий

Сообщество микроорганизмов, которые способны прикрепляться, метаболизировать и образовывать ассоциативные колонии с другими организмами принято называть биоплёнкой (БП). Микробная экология, которая является ведущей дисциплиной в области изучения БП, рассматривает её как высокоупорядоченную, способную к самоорганизации биологическую структуру, деятельность которой направлена на оптимизацию своих жизненных функций.

Микроорганизмам необходимо предварительно модифицировать поверхность и прикрепиться к ней для создания полноценно функционирующей биоплёнки. Согласно с исследованиями Characklis, развитие БП происходит благодаря взаимодействию ряда физических, химических, биологических процессов. Активность биоплёнки достаточно высокая в сравнении с теми же микроорганизмами в планктонной – свободно плавающей форме роста.

Прикрепление к твердой поверхности так же инициирует и изменение на генетическом уровне, что влечет за собой изменения физиологии бактерий. Кроме таких метаболитов как экзополисахариды, клетки бактерий способны продуцировать белки, липополисахариды, сульфиды и т.д.

Рассматривая группу бактерий цикла серы, необходимо отметить их непосредственное участие в образовании самородной серы, сульфидных месторождений, сероводородных вод. Так, *Thiobacillus ferrooxidans* получает энергию за счёт окисления закисного сернокислого железа, бактерии *T. thioparus* способны образовывать элементную серу, которая откладывается на металле и усиливает его поверхностную гетерогенность за счёт образования концентрационных ячеек.

Влияние микрофлоры на машины, механизмы и вообще на все творения рук человека является как правило деструктивным. Это естественно для объектов живой природы – отрицательная энтропия (гомеостаз) внутри живой системы согласно с законами сохранения должна компенсироваться ростом энтропии снаружи. В то же время мы осознаём, что возникающая новая задача многогранна и должна иметь множество сложных решений. Если говорить о прирабатывании поверхностей трения, их структурной приспособляемости и образовании вторичных структур трения, то здесь положительный эффект может достигаться как раз за счёт умеренно-деструктивного воздействия микрофлоры, или чистых бактериогенных продуктов. В таком случае большое значение приобретает контроль и внешняя регуляция деструкции. С другой стороны, можно представить себе машину как сбалансированную экосистему – биоценоз, внутри которого живые компоненты снижали бы энтропию, но эту идиллию мы будем совместно с

экологами создавать ещё многие годы.

Деятельность микроорганизмов хорошо известна материаловедом в основном благодаря микробной коррозии – одного из важнейших факторов коррозионного изнашивания. Изучение бактериостойкости материалов показало, что микроорганизмы способны интенсифицировать не только процессы деструкции, но и эпитаксиальные процессы, сопровождающиеся увеличением массы и прочности. Так, при длительном воздействии культур родококков на образцы керамики наблюдалось значительное (до 30%) повышение прочности материала, что обеспечивалось процессом переосаждения отдельных компонентов. Кажущуюся же „слабость” или низкую механическую прочность микробной культуры по сравнению с материалами можно оспорить. Бактериогенный биоминерализованный продукт вполне может обладать высокими прочностными характеристиками; большие преимущества микроорганизмам дают быстрое размножение и устойчивость к воздействию внешних факторов. К примеру, бактериальная культура *Deinococcus Radiodurans* комфортно себя чувствует, размножается и не мутирует в радиационных полях, обеспечивающих дозу, превышающую 10 Мрад. Такую дозовую нагрузку не выдерживают многие конструкционные материалы не говоря уже о таком материале, как кристаллический кремний, который является основой микроэлектронной информатики. Наши исследования в области микробной биоминерализации показывают возможность несложного и неэнергоёмкого получения поверхностных присадок, а также предварительного легирования порошковых смесей.

Рассмотрев проанализированный материал, мы приходим к выводу о возможности решения задач трибоматериаловедения методами микробной биотехнологии. Также мы приходим к эко-философскому пониманию необходимости вовлечения машины в коэволюционный процесс и не только на уровне экосистем, но и на молекулярно-генетическом и других уровнях организации. Биотехнологии открывают перед нами перспективы развития экологических, энергосберегающих методов получения триботехнических материалов, покрытий и присадок, совмещаемых. И, наконец, развивая данное направление, мы видим перспективы развития машинной цивилизации в согласии с живой природой.

УДК 629.735.33..662.75(045)

**Башта Е. Т., Башта А. В.,
Джурик Е. В., Романенко В. Г.**
Національний авіаційний університет, Україна

ВЛИЯНИЕ ТИПА ЖИДКОСТИ НА ПРОЦЕСС КАВИТАЦИОННОГО ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ЗАГРЯЗНИТЕЛЯ

Актуальность исследований по измельчению твердых частиц загрязнителя при кавитации обусловлена тем, что вследствие происходящего в практике неуклонного повышения рабочего давления, наблюдается уменьшение

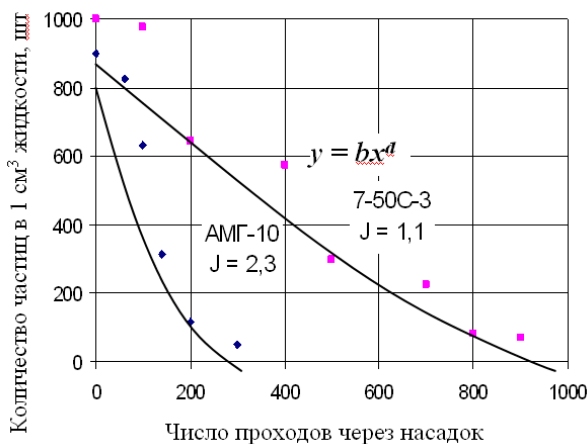
применяемых зазоров скользящих пар, что соответственно повышает требования к чистоте рабочих жидкостей. Поэтому ведутся поиски новых способов очистки с тонкостью очистки порядка 2–3 мкм.

Таким перспективным способом очистки может являться измельчение частиц загрязнителя в кавитационном поле, при котором частицы загрязнителя, предположительно, могут быть доведены до столь малых размеров, при которых они будут скрыты в толще граничного слоя жидкости.

Нашими предыдущими экспериментами было установлено, что кавитация в загрязненных рабочих жидкостях сопровождается измельчением твердых частиц загрязнителя. Исходя из этого, научный интерес представляет исследования влияния наиболее значимых факторов на процесс кавитационного измельчения. В настоящей работе рассматривается влияние на процесс кавитационного измельчения типа жидкости, в которой происходит кавитация.

При исследовании влияния типа жидкости были проведены испытания по кавитационному измельчению частиц загрязнителя в минеральной жидкости АМГ-10 и синтетической полисилоксановой жидкости 7-50С-3 при равных условиях: в качестве загрязнителя использовался отмученный узкодисперстный порошок лесса с размерами 50–60 мкм; давление на входе в кавитационный насадок $P_{\text{вх}} = 5$ МПа и давление на выходе $P_{\text{вых}} = 0,5$ МПа, температура жидкости $T = 333^\circ\text{K}$. При экспериментах производились наблюдения за изменением количества частиц фиксируемого размера в зависимости от длительности кавитационного воздействия (числа проходов через кавитационный насадок).

Из приведенных ниже графиков следует, что при создании в загрязнённых жидкостях кавитационного режима, частицы загрязнителя подвергаются измельчению как в жидкости АМГ-10, так и в жидкости 7-50С-3. Из приведенного графика также следует, что процесс кавитационного измельчения для обеих жидкостей протекает одинаково, однако, в жидкости АМГ-10 он носит более выраженный характер.



Эффект измельчения твердых частиц загрязнителя в кавитационном поле предположительно основан на том, что попадающие в зону схлопывания кавитационного пузырька частицы разрушаются, в основном, под механическим воздействием локальных гидроударов. Здесь, по-видимому, преобладает действие механизма разрушения материала под расклинивающим действием жидкости, вдавливаемой в микротрещины на поверхности загрязнителя. Поскольку в этом процессе имеет место чрезвычайно высокая повторяемость образования и схлопывания кавитационных пузырьков и рассредоточенность твердых частичек примесей, обеспечивается высокая вероятность попадания последних в зону захлопывания пузырьков.

Попаданию частиц в зону действия зонального микрогидроудара способствует то, что кавитационный пузырек обладает способностью "флотировать" (втягивать) частицы загрязнителя, находящиеся в жидкости вблизи этого пузырька, а также то, что сама частица, с заполняющим ее трещины воздухом, служит ядром кавитации, т.е. служит центром образования кавитационного пузырька.

Помимо механического воздействия, разрушению частицы загрязнителя может способствовать ряд иных факторов, из которых особо следует отметить влияние теплового эффекта. При схлопывании пузырька, содержащего газ, температура его в конце схлопывания может достигать, как это показали теоретические работы, значений выше 2000°K, так как процесс схлопывания происходит столь быстро (за тысячные доли секунды), что между содержимым пузырька и окружающей его жидкостью не успевает установиться теплообмен. Ввиду этого можно предположить, что горячие газы, окружающие частицу загрязнителя, могут повысить ее температуру до значения, при котором ее прочность понизится, что будет способствовать разрушению ее под воздействием микрогидроудара.

Кроме того, следует отметить возможность разрушения частиц загрязнителя вследствие электрических зарядов, возникающих при схлопывании пузырька. Известно, что при образовании электрической дуги между двумя кусками металла, погруженными в жидкость, происходит интенсивное испарение и диспергирование этих металлов с образованием высокодисперсной металлической пыли. Аналогичное явление может наблюдаться при попадании в зону действия разряда, возникающего при схлопывании кавитационного пузырька, двух частиц загрязнителя.

Для сравнительной оценки процессов измельчения загрязнителя, введем понятие интенсивности измельчения, под которым будем понимать осредненное значение количества измельченных частиц фиксированного размера, приходящееся на один проход жидкости через кавитационный насадок.

$$I = \frac{(n_{i\text{нач}} - n_{i\text{кон}})}{n_{\text{прох}}},$$

где $n_{\text{нач}}$ и $n_{\text{кон}}$ – число частиц в начале и в конце испытаний; $n_{\text{прох}}$ – число проходов через насадок

При проведении экспериментов мы подсчитывали интенсивность измельчения, исходя из условия полного исчезновения частиц фиксируемого

размера, т.е. для $n_{\text{кон}} = 0$.

Поскольку экспериментально установить с достаточной точностью момент полного исчезновения частичек определенного размера практически невозможно, нами для определения интенсивности процесса измельчения использовался следующий метод. При обработке экспериментальных данных по методу анаморфозы были найдены эмпирические формулы, описывающие зависимости между исследуемыми величинами. По этим формулам мы подсчитывали число проходов n , необходимое для полного исчезновения частиц фиксируемого размера.

Из данных по кавитационному измельчению частиц в обеих жидкостях следует, что интенсивность кавитационного измельчения в жидкости 7-50С-3 в два раза ниже при данных условиях, чем в жидкости АМГ-10.

Более низкая интенсивность кавитационного измельчения частиц в жидкости 7-50С-3, по нашему мнению обосновывается, в первую очередь, более высокой сжимаемостью жидкости 7-50С-3 в сравнении с АМГ-10. Коэффициент сжимаемости полисилоксановой жидкости 7-50С-3 практически на 50% выше коэффициента сжимаемости жидкости АМГ-10. В результате значительно снижается интенсивность ударной волны при захлопывании кавитационных каверн.

Снижению силы ударной волны способствует также высокая растворимость в жидкости 7-50С-3 газов (приблизительно в два раза выше, чем у АМГ-10). С увеличением же коэффициента растворимости увеличивается давление газа внутри кавитационного пузырька и, соответственно, снижается ударная сила при схлопывании пузырька.

Кроме этого, жидкость 7-50С-3 отличается от жидкости АМГ-10 низким поверхностным натяжением, вследствие чего в ней образуются стойкие суспензии газа и жидкости, что также снижает уровень микрогидроударов при схлопывании кавитационных пузырьков.

Таким образом, результаты наших исследований показали, что кавитация в загрязненных рабочих жидкостях авиационных гидросистем сопровождается измельчением твердых частиц загрязнителя. Интенсивность кавитационного измельчения частиц зависит от типа жидкости. Так в синтетической полисилоксановой жидкости 7-50С-3 она, при прочих равных условиях, приблизительно в два раза ниже, чем в жидкости АМГ-10.

УДК 620.178.16(045)

Богданович А. И., Зимин В. Е.
Национальный авиационный университет, Украина

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КИНЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК И ЭНЕРГИИ АКТИВАЦИИ ИЗНОСА ШХ15 В АВИАТОПЛИВЕ ТС-1

Развитие авиационной, автомобильной, военной техники невозможно без повышения продуктивности, надежности, прочности, экономичности машин, механизмов, агрегатов. Особую актуальность эти требования приобретают при

разработке, производстве и эксплуатации вышеуказанной техники. Повышение прочности, надежности, продуктивности техники зависит от поверхностной прочности, т.е. износа отдельных узлов агрегатов. В свою очередь, повышение поверхностной прочности конструкционных материалов трибосопряжений и улучшение противоизносных свойств горюче-смазочных материалов невозможно без проведения износных, т.е. триботехнических испытаний. Но для проведения таких испытаний необходимо использовать энергетические, универсальные, инвариантные, хотя бы в каком-нибудь диапазоне значений нагрузок (P) и скоростей скольжения ($V_{ск}$), критерии оценки противоизносных свойств материалов трибосопряжений. Таким критерием, который отвечает всем перечисленным требованиям была предложена энергия активации поверхностного разрушения (E^P), т.е. износа, третьей стадии трибореакции. Этот критерий – энергетический по сути, универсальный по применению, инвариантный в диапазоне структурной приспособляемости материалов трибосопряжений, что было экспериментально доказано.

Практическое использование E^P в качестве критерия оценки противоизносных свойств материалов трибосопряжений было осуществлено на примере решения одной из сложных задач триботехники – определение причин улучшения противоизносных свойств авиа топлив при длительном хранении.

С этой целью ранее были проведены трибокинетические испытания авиатоплива ТС-1* длительного хранения, которые определили энергию активации износа $E^P=19,581$ кдж/моль. Это значение $E^P_{ТС-1*}$ указало на ухудшение противоизносных свойств авиатоплива ТС-1* длительного хранения и вместе с тем поставило вопрос о причинах этого явления. Тогда же было сделано предположение об ухудшении противоизносных свойств авиатоплива ТС-1* длительного хранения: 1) ухудшение может быть обусловлено процессами, что имеют место при длительном хранении, например, окисление, загрязнение и др.; 2) ухудшение может быть обусловлено разницей противоизносных свойств авиатоплив РТ и ТС-1, несмотря на взаимозаменяемость этих авиа топлив и разрешение их смешение в любых пропорциях.

Цель работы – установить истинные значения ухудшения противоизносных свойств авиатоплива ТС-1* длительного хранения путем проверки двух предыдущих предположений: 1) ухудшение обусловлено процессами, которое имеет место при длительном хранении; 2) ухудшение обусловлено разницей противоизносных свойств авиа топлив ТС-1 и РТ.

Экспериментальная часть. Для достижения поставленной цели необходимо провести трибокинетические испытания авиатоплива ТС-1 (свежего) аналогичные тем, что были проведены с авиатопливом ТС-1* длительного хранения, т.е. трибокинетические испытания авиатоплива ТС-1 Кременчугского НПЗ проводили на машине трения КИИГА-2, схема контакта которой три шара – плоскость. Оба твердо фазных элемента трибосопряжения сделаны из стали ШХ15 (ГОСТ 801-78). Испытания проводили при нагрузке $P = 98,14$ Н, скоростью скольжения $V_{ск}=1,18$ м/с, без избыточного давления в камере, при двух температурах $T_1 = 333^\circ\text{K}$ и $T_2 = 303^\circ\text{K}$. Далее с помощью инструментального микроскопа МИМ-7 при 70-ти кратном увеличении измеряли диаметр пятен износа каждого шара в двух взаимоперпендикулярных направлениях и рассчитывали средние арифметические

значения диаметров пятен износа d , средние значения d трех пятен износа – d_c та средние значения d_c трех и более испытаний – d_{cp} .

Результаты. Далее, согласно расчетно-экспериментальной методики проведения трибокинетических испытаний, рассчитываем объем износа шара, что имеет форму шарового сегмента, диаметр основы которого и есть диаметром пятна износа. Суммируя объем износа трех шаров (суммарный объем износа одного испытания) и рассчитываем среднее арифметическое значение суммарного объема износа трех или больше испытаний – V_c , данные которых приведены в табл. 1.

Следующий этап трибокинетического эксперимента – расчет скорости реакции, в данном случае III-й стадии трибореакции, т.е. скорость износа, которую рассчитываем по следующей формуле

$$\omega = \frac{\Delta V_c}{\Delta t_c} = \frac{V_{cti} - V_{cti-1}}{t_i - t_{i-1}}, \quad (1)$$

где V_{cti} и V_{cti-1} – средние значения суммарного износа трех шаров в моменты времени t_i и t_{i-1} соответственно.

Результаты расчетов ω для каждого из интервалов времени $\Delta t = t_i - t_{i-1}$ приведены в табл. 1. Порядок реакции износа N^p рассчитывали для начального Δt_1 и конечного Δt_3 интервалов времени по следующей формуле:

$$N^p = \frac{\lg \omega_1 / \omega_3}{\lg V_{c1} / V_{c3}}, \quad (2)$$

где ω_1 та ω_3 – скорости износа для интервалов времени t_1 и t_3 соответственно; V_{c1} и V_{c3} – средние значения суммарных объемов износа шаров для интервалов времени t_1 и t_{i-1} соответственно.

Результаты таких расчетов приведены в табл.

Константы скорости износа K^p рассчитывали с использованием конечных значений V_c в интервале времени Δt , т.е. по формуле:

$$K^p = \frac{\Delta V_c}{\Delta t \cdot V_{ca}} = \frac{\omega}{V_{ca}}, \quad (3)$$

где V_{ca} – среднее арифметическое значение V_c в начале и в конце интервала Δt .

Результаты таких расчетов приведены в табл. 1. Там же приведены и средние арифметические значения K^p , коэффициенты вариации оценки $K^p(W)$, который рассчитывали согласно методики расчета ошибок измерений физических величин.

Таблица 1

Условия испытаний и кинетические характеристики износа III-й стадии трибореакции

Тем-	Вре-	Средние	Кинетические характеристики износа III-й стадии трибореакции

температура испытаний, T, К	материал испытаний, $\times 10^3$ с	значения суммарных объемов износа трех испытаний $V_c \times 10^3$ мм ³	Скорость износа для интервалов времени $\Delta t, \omega \times 10^{-6}$ мм ³ /с	Порядок износа N^p для интервалов времени Δt	Константы скорости износа $K^p \times 10^{-3}$ с ⁻¹	Средние значения K^p , $K_{ср}^p \times 10^{-3}$ с ⁻¹	Коэффициенты вариации оценки K^p , W, %	Значения K^p , определенные графически
303	1,8	0,87934	-	0,84	-	0,47455	4,6	$\text{tg } 24,5^\circ = 0,4557$
	2,4	1,18034	0,50167		0,48713			
	3	1,58446	0,67353		0,48722			
	3,6	2,07816	0,82283		0,44931			
333	1,8	0,91013	-	1,01	-	0,98132	8,3	$\text{tg } 43,5^\circ = 0,9490$
	2,4	1,71737	1,3454		1,02565			
	3	2,9643	2,07821		0,88781			
	3,6	5,61731	4,42168		1,0305			

Для подтверждения правильности определения кинетических характеристик износа W , N^p и K^p , рассчитанных по уравнениям (1), (2), (3), по результатам проведенных трибокинетических испытаний строим график зависимости $\lg V_c$ от времени испытаний t (рис. 1).

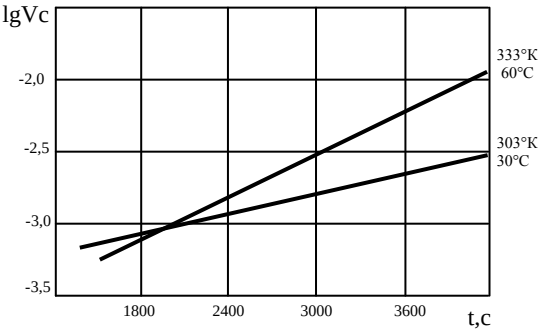


Рис. 1. График зависимости логарифма средних значений суммарных объемов износа трех шаров трех испытаний ($\lg V_c$) от продолжительности испытаний (t):

1 – при $T_1 = 333^\circ\text{К}$; 2 – при $T_2 = 303^\circ\text{К}$

Линейные зависимости $\lg V_c$ от t подтвердили первый порядок износа ($N^p \approx 1$) и установили значения K^p графически (K^p равен тангенсу угла наклона прямых к оси абсцисс). Эти значения K^p тоже приведены в табл. 1.

Зная значения K^p при двух температурах $T_1 = 333^\circ\text{К}$ и $T_2 = 303^\circ\text{К}$ согласно уравнения Аррениуса рассчитываем энергию активации износа:

$$E^p = \frac{RT_1T_2}{T_1 - T_2} \ln \frac{K_1^p}{K_2^p} = \frac{1,9144T_1T_2}{T_1 - T_2} \lg \frac{K_1^p}{K_2^p} = \frac{1,9144 \cdot 333 \cdot 303}{30} \lg \frac{0,9813}{0,4746} = 20,314 \text{ Дж/моль} ,$$

где R – универсальная газовая постоянная.

Выводы.

1. Используя определенное, в результате проведенных трибокинетических испытаний, значение энергии активации износа (поверхностного разрушения) $E^P=20,314$ кДж/моль в качестве критерия оценки противоизносных свойств авиатоплива ТС-1 удалось установить причины ухудшения противоизносных свойств авиатоплива ТС-1* длительного хранения:

а) в первую очередь это ухудшение – результат процессов, которые проходят во время длительного хранения, например, окисления, загрязнения и т.д.;

б) несмотря на взаимозаменяемость авиатоплив ТС-1 и РТ, а также на разрешение смешивать их в любых пропорциях благодаря высокой точности оценки энергии активации износа E^P удалось установить незначительное ухудшение противоизносных свойств авиатоплива ТС-1 ($E^P_{ТС-1} = 20,314$ кДж/моль) по сравнению с аналогичными свойствами авиатоплива РТ ($E^P_{РТ} = 21,278$ КДж/моль).

2. Данные результаты невозможно было получить при использовании традиционных (триботехнических) испытаний и критериев оценки противоизносных свойств вышеуказанных авиатоплив, что подтверждает высокие разрешающие способности E^P .

3. Подтвердилась инвариантность значений E^P в диапазоне структурной приспособляемости материалов трибосопряжений, что соответствует диапазону нормального механо-химического износа.

4. Полученные результаты значения кинетических характеристик и $E^P_{ТС-1} = 20,314$ кДж/моль в среде авиатоплива ТС-1 служат дополнением банка данных противоизносных свойств авиатоплив и энергетико-активационного матричного критерия оценки противоизносных свойств материалов трибосопряжений.

УДК 665.73.038

Данилов А. М.
ОАО ВНИИ НП, Российская Федерация

ТЕНДЕНЦИИ В ОБЛАСТИ РАЗРАБОТКИ И ПРИМЕНЕНИЯ ПРИСАДОК К ТОПЛИВАМ

Топлива – основной продукт нефтепереработки, поэтому их технология и качественные показатели постоянно находятся под пристальным вниманием не только специалистов, но и широкого круга лиц и организаций. Законодатели промышленно развитых стран последовательно ужесточают требования к автомобильным бензинам и дизельным топливам, обращая внимание, прежде всего, на их экологические характеристики. Фактически речь идёт о выбросах продуктов неполного сгорания, а также CO_2 и оксидов серы.

Выбросы диоксида углерода нормируются из-за их предположительного влияния на потепление атмосферы вследствие парникового эффекта. Даже если это положение ошибочно, к сокращению выбросов CO_2 следует отнестись положительно, так как результатом решения этого вопроса является совершенствование техники и сокращение расхода топлива. Эффективный путь

повышения экономичности двигателя заключается в увеличении его степени сжатия. Это, в свою очередь, повышает требования к октановому числу бензина или цетановому числу дизельного топлива. Поэтому в России в соответствии с нормами Евро-3, действующими с 2011 г., поставлена задача прекращения выпуска бензина АИ-92 и переход на АИ-95. Дизельные топлива, отвечающие нормам Евро-3, должны характеризоваться цетановым числом не менее 51 ед. вместо нынешних 41.

Высокооктановые бензины без добавок оксигенатов или антидетонационных присадок сделать практически невозможно. Об этом свидетельствуют предельные октановые числа бензиновых фракций основных процессов:

- фракции каталитического крекинга – до 94,
- фракции гидрокрекинга – до 95,
- изомеризат – до 92,
- алкилат – до 96,
- фракции риформинга (сокращаются) – до 95,
- МТБЭ – 125.

Доля алкилата и бензина гидрокрекинга даже в бензиновом фонде США и ЕЭС сравнительно невелика (табл. 1). Проблему решают, добавляя МТБЭ и его аналоги: ЭТБЭ, ТАМЭ и др. В России положение хуже. Основная масса бензина – АИ-92. Он вырабатывается без каких-либо добавок. Но уже сейчас наблюдается его переизбыток в 5-6 млн. тонн. Соответственно такой недостаток испытывается в бензине АИ-95. Перевод АИ-92 в АИ-95 за счёт добавки МТБЭ может быть осуществлён только частично. Причиной является дефицит изобутилена. Российские мощности по производству МТБЭ оцениваются в 1 млн т/год. Они загружены на 80%. Внутри страны используется около 350 тыс. т МТБЭ в год, остальное направляется за рубеж. Делаются попытки дефицит изобутилена компенсировать олефинсодержащими газами каталитического крекинга, алкилируя соответствующие фракции. Но это требует разработки технологий, а, следовательно, времени. Таким образом, придётся прибегнуть к другому варианту: использованию добавок монометиланилина (ММА). Сейчас выпускается около 60 тыс. т/год этого продукта. Большая часть направляется на экспорт, остальное используется внутри страны, в основном, на нефтебазах и мелких фирмах, переводящих АИ-92 в АИ-95. Расчёты показывают, что в ближайшее время потребуется дополнительно около 30 тыс. т/год ММА. Эта добавка может использоваться в бензине непосредственно. Кроме того, ПО «Крата» (Тамбов) выпускает линейку присадок серии «АДА» на основе ММА.

Таблица 1

Характеристика бензинового фонда России, ЕЭС и США

Показатели	Россия	ЕЭС	США
Общая выработка бензинов, млн. т	34,3	130	380,5
Среднее октановое число (ОЧИ+ОЧМ)/2	82	90	92
Компонентный состав, %:			
Бутаны	5,7	5,0	7,0
бензины каталитического крекинга	20	27	34,5
бензины риформинга	54	48,2	33
прямогонный бензин и бензины	13,2	7,3	3,1

гидрокрекинга и гидроочистки			
бензины термических процессов	4,9	0,5	0,6
Алкилат	0,3	5,0	11,2
изомеризат	1,5	5,0	7,0
Оксигенаты	0,5	2,0	3,6

Цетановое число (ЦЧ) дизельных топлив, вырабатываемых российскими НПЗ, составляет 48–50 ед., достигая в некоторых случаях 53 (Московский НПЗ). Поэтому промоторы воспламенения сейчас, когда для внутренних потребностей выпускаются топлива с ЦЧ 45 ед., в принципе не особенно нужны. Кроме того, ряд заводов вырабатывает топлива Евро-3 и более высоких категорий, которые направляются на экспорт. В 2009 г. было выпущено 13,6 млн т таких топлив. Так как их ЦЧ должно быть не менее 51, в них добавляют промоторы воспламенения. Средняя концентрация этих присадок составляет около 0,05%. Следовательно, существующую потребность в промоторах воспламенения можно оценить в 6–7 тыс. т/год. Она покрывается за счёт импорта. Все импортируемые присадки представляют собой 2-этилгексилнитрат, реализуемый под разными торговыми марками. Технология 2-этилгексилнитрата освоена и в России – на заводе им. Свердлова (Дзержинск). Сейчас проводятся маркетинговые мероприятия с целью вытеснения импорта из страны.

Алкилнитраты имеют ряд недостатков, с которыми приходится мириться. Они токсичны, коррозионно агрессивны, окрашивают топливо, плохо совмещаются с противоизносными присадками. Поэтому рассматриваются варианты применения других соединений, прежде всего, диалкилпероксидов. Они по эффективности близки к алкилнитратам, не имеют присущих им недостатков, но в 2–3 раза дороже. Это сдерживает их использование. Интерес к ним проявляет только Калифорния, где нормируется содержание азота в дизельном топливе. Соответствующие исследования проводились и в России.

Сейчас всем специалистам хорошо известна проблема содержания серы в топливе, образующей при сгорании агрессивные оксиды. Поэтому современные нормы его жёстко ограничивают вплоть до 10 ppm, что находится фактически на пределе аналитических возможностей приборов. За снижение содержания серы приходится расплачиваться потерей смазочных свойств, очень важных для дизельных и реактивных топлив. Эту проблему можно было бы решить конструктивным путём, но использовать противоизносные присадки быстрее и проще.

В 2003 г. российские НПЗ приступили к выработке дизельных топлив, по содержанию серы отвечающих требованиям Евро-3, а с 2005 г – Евро-4 и Евро-5. Кроме того, оформлено Изменение № 6 к ГОСТ 305-82, по которому сейчас вырабатывается основная масса дизельных топлив в стране. Оно ограничивает максимальное содержание серы на уровне 0,05% и вводит контроль пятна износа. При этом в случае зимних и арктических сортов топлив, отличающихся низким концом кипения, введение противоизносной присадки требуется однозначно, в случае летних – зависит от группового состава топлива и его вязкости. Вследствие этого рекомендуется введение присадки в небольшой (50 ppm) концентрации.

В присутствии присадок, содержащих ПАВ, способных конкурировать с противоизносной присадкой за поверхность, её эффективность уменьшается, и

концентрацию приходится увеличивать до 200–300 ppm.

Исходя из этого, перспективная потребность в противоизносных присадках оценивается в 6–7 тыс. т/год. В большей степени она удовлетворяется импортом, но с 2009 г. вырабатываются отечественные образцы, предназначенные со временем заменить импорт.

Мировые стандарты требуют, чтобы низкотемпературные свойства топлив соответствовали условиям окружающей среды. Фактически речь идёт о топливах зимних и арктических сортов. В России объём производства таких топлив в 2009 г. составил 8,9 млн. т (8,2 – зимнего и 0,7 – арктического). Необходимый уровень низкотемпературных свойств обеспечивается, прежде всего, фракционным составом, но 3,5–4,0 млн т вырабатывается с присадками в виде топлив марок ДЗп. Сначала использовались депрессоры, снижающие температуру застывания и фильтруемости топлив. Но вскоре выяснилось, что при холодном хранении топлива с депрессорами расслаиваются. Депрессорные присадки только препятствуют слипанию кристаллов парафинов, но не предотвращают их образование. Поэтому топлива с присадками при длительном холодном хранении разделялись на два слоя: нижний, обогащённый кристаллами парафинов и верхний светлый. Оба слоя сохраняли подвижность, но различались составом и, следовательно, теплофизическими характеристиками. Этот недостаток был устранён путём введения в топливо наряду с депрессором ещё одной присадки, получившей название диспергатора парафинов. И депрессор, и диспергатор могут подбираться для топлива по-отдельности, но могут использоваться в виде бифункционального пакета. В настоящее время предпочтение отдаётся именно последнему варианту. Большой ассортимент таких пакетов предлагается зарубежными фирмами. Отечественных разработок пока нет. Вырабатывается депрессор ВЭС-410Д, но диспергатор парафинов пока не разработан, хотя обнадёживающие результаты уже имеются.

В заключение следует уделить внимание моющим присадкам. Для выработки стандартных топлив они не нужны. Однако они помогают поддерживать в чистоте детали двигателя и топливной аппаратуры, что обеспечивает оптимальный режим работы двигателя, снижает расход топлива и токсичность отработавших газов. Фактически это означает придание топливу дополнительных потребительских свойств. Этим воспользовались нефтеперерабатывающие компании и организовали выпуск топлив с моющими присадками под собственными брендами. Утверждают, что в результате объём продаж увеличивается 15–30% по сравнению со стандартными аналогами. В России такие «брендовые» топлива выпускают пока ЛУКОЙЛ (бензины и дизельные топлива «Экто») и ТНК-БП (бензины «Ultimate»). Моющие присадки, необходимые для этого, закупаются преимущественно за рубежом, хотя есть соответствующие отечественные марки, например, Каскад-9, используемая при выработке бензинов на Московском НПЗ. В заключение в табл. 2 приведены сведения о российских разработках.

Таблица 2

Разработка и применение российских присадок к топливам

Разработчик	Присадка	Назначение	Изготовитель

ВНИИ НП, ПО «Крата»	Серия «АДА»	Антидетонаторы	ПО «Крата»
ВНИИ НП	Байкат	Противоизносная	Ангарский завод катализаторов и органического синтеза
ВНИИ НП	ВЭС-410Д	Депрессор	
ВНИИ НП	Опытный образец	Диспергатор парафинов	НПФ «Депран»
ООО «ПНХ»	Каскад-5	Противоизносная	Новокуйбышевский завод масел и присадок
ООО «ПНХ»	Каскад-9	Моющая для автобензинов	ИвХимПром (Иваново)
ФКП «З-д им. Свердлова»	2-этилгексилнитрат	Промотор воспламенения	ФКП «Завод им. Свердлова» (Дзержинск)

Наконец, без комментариев приведём динамику мирового патентования присадок к топливам, отражающую интерес разработчиков к этой проблеме.

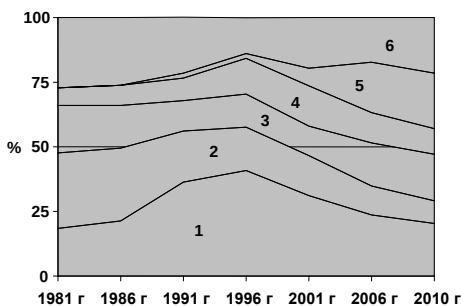


Рис. 1. Структура мирового патентования присадок к топливам в 1981-2009 г.г.

На оси абсцисс отложено начало периода:

- 1 – моющие; 2 – депрессорно-диспергирующие; 3 – модификаторы воспламенения;
4 – модификаторы горения; 5 – противоизносные; 6 – прочие

УДК 665.521.004.17 + 536.423.4

**Кузнецов А. В., Греков В. Ф.,
Пьянков А. А., Яловой Н. И.**
НПИК «Зирка», ПАНИ, ДГТУ, Украина

СЖИЖЕНИЕ УГЛЕВОДОРОДНЫХ ФРАКЦИЙ ИЗ СМЕСИ ГАЗОВ ПРИ ИХ АДИАБАТИЧЕСКОМ ОХЛАЖДЕНИИ

Приведен подход к оценке возможности извлечения жидких углеводородов из

природного и попутного нефтяного газа при их адиабатическом охлаждении.

Статья содержит некоторые результаты исследований, которые выполнены государственным предприятием комбинатом «Звезда» и НПИК «Зирка». Работы ведутся в соответствии с «планом мероприятий Кабинета Министров Украины (пункт 3) по выполнению заданий, вытекающих из послания Президента Украины (раздел 12, п.2, абзац 8) Верховному Совету Украины» и общегосударственной программой защиты атмосферного воздуха от выбросов углеводородов и диоксида серы «Чистый воздух» на 2003–2010 годы. Цель исследований: «Внедрение технологий улавливания и регенерации паров углеводородов на объектах нефтегазового комплекса».

В последнее время все больше внимания обращается на разработку и промышленное внедрение технологии адиабатического расширения газов для извлечения жидких углеводородов из природного газа (ПГ) и попутного нефтяного газа (ПНГ). Действительно, если смесь газов имеет достаточно большое начальное давление, то адиабатическое расширение этой смеси может привести к конденсации некоторых ее компонент. Адиабатическое расширение смеси газов можно осуществить, например, в сопле Лавалья, как в технологии, получившей название «3S». В дальнейшем рассмотрим процесс подготовки ПНГ. Обычно ПНГ при добыче нефти представляют собой смесь углеводородов находящихся в скважине под давлением. Извлечение жидких углеводородов из ПНГ приведет в конечном итоге к разделению смеси газов на компоненты, сжижаемые и не сжижаемые в данных условиях. Вопросы эффективности технической реализации термодинамических эффектов в технологии адиабатического охлаждения для конденсации сжижаемых компонент остаются открытыми.

Рассмотрим возможности конденсации компонент ПНГ на месторождении в Бугуруслане. Параметры и состав ПНГ представлены в табл. 1, в которой приняты обозначения: μ – молярный вес; k – коэффициент адиабаты; C_p – удельная теплоемкость; r – удельная теплота парообразования; a , b – коэффициенты уравнения для определения давления насыщенных паров компонент, % Соб – объемная концентрация компонент.

Таблица 1

Состав ПНГ на месторождении в Бугуруслане

Состав ПНГ	формула	μ	k	C_p , кДж/кг·гр	r кДж/кг	a , Па	b , 1/с	% Соб
Метан	CH_4	16	1,35	2,082				72,5
Этан	C_2H_6	30	1,22	1,613				9,8
Азот	N_2	32	1,47	1,07				1,9
Пропан	C_3H_8	44	1,03	1,67	897,5	93470	0,052	7,5
и-бутан	C_4H_{10}	58	1,13	1,67	1231	178400	0,046	8,3

Проанализируем процесс извлечения жидкой пропанобутановой фракции из ПНГ (компоненты №4 и №5, таб.1) при адиабатическом расширении смеси, оставшая остальные компоненты в газообразном состоянии.

Вычисления дают величину эквивалентных параметров несжижаемых газов:

- эквивалентный показатель неадиаты $k_e = 1,338$;
- эквивалентная теплоемкость $C_{pe} = 2,005$, кДж/кг град;

- эквивалентное молярное число $\mu_e = 17,996$,
- и параметров смеси:
- эквивалентное молярное число $\mu_s = 23,262$;
- эквивалентный показатель адиабаты смеси $kes = 1.305$;
- исходное давление смеси $p_n = 4,0$, МПа;
- исходная температура смеси $C_{tn} = 20$ °С.

Начальные парциальные давления и плотность компонент в смеси приведены в табл. 2.

Таблица 2

Парциальные давления и плотность компонент в смеси

№ компоненты	1	2	3	4	5
p_i , МПа	2,9	0,392	0,076	0,3	0,332
ρ_i , кг/м ³	19,071	4,835	0,876	5,417	7,924

Суммарная плотность смеси при начальной температуре и давлении составит 38,123, кг/м³. Плотность не сжижаемых компонент смеси равна 24,782, кг/м³.

Для оценки параметров смеси в процессе охлаждения при снижении давления введем понятие продуктосодержание сжижаемых компонент – отношение масс компонент к массе, не сжижаемой части смеси.

$$d_i = \frac{\mu_i \cdot p p_i}{\mu_{ns} \cdot p p_{ns}}, \text{ кг сжижаемого компонента/кг не сжижаемой смеси.}$$

При начальных условиях продуктосодержание для четвертой компонент составит $dn_4 = 0,218$, кг/кг, а для пятой компоненты $dn_5 = 0,318$ кг/кг.

Оценим возможности сжижения компонент при следующих допущениях:

- коэффициент сжимаемости компонент принимаем равным единице;
- выделение тепла при конденсации компоненты не учитываем.

В процессе адиабатического расширения смеси происходит снижение давления и температуры.

Ответить на вопрос происходит ли сжижение интересующей нас компоненты или не происходит можно путем сравнения значения продуктосодержания насыщенного пара этой компоненты с ее начальным значением продуктосодержанием.

Каждая из компонент характеризуется давлением насыщенного пара. При этом давление насыщенного пара зависит только от физико-химических свойств компоненты и температуры ее жидкой фракции.

Значения параметров смеси в процессе охлаждения и снижения давления приведены в табл. 3.

Таблица 3

Изменение давления насыщенного пара компонент смеси и их продуктосодержания в процессе охлаждения и снижения давления

t_1 , °С	20	12,8	5,0	-3,6	-13,2	-24,1	-36,9	-52,3	-102,6	-128,3
p_i , МПа	4,0	3,6	3,2	2,8	2,4	2,0	1,6	1,2	0,4	0,2

<i>ps4</i> , МПа	2,644	1,821	1,212	0,775	0,4704	0,2666	0,1375	0,0615	0,04497	0,01185
<i>ps5</i> , МПа	0,4477	0,3217	0,2246	0,1512	0,09718	0,0588	0,0327	0,0161	0,00159	0,00049
<i>d4</i>	1,92	1,468	1,1	0,804	0,569	0,387	0,249	0,149	0,033	0,017
<i>d5</i>	0,43	0,34	0,27	0,21	0,16	0,11	0,08	0,05	0,02	0,01
$\Delta d4$	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,069	0,185	0,201
$\Delta d5$	0,00	0,00	0,049	0,111	0,163	0,205	0,239	0,266	0,302	0,308

Продуктосодержание насыщенного пара показывает ту относительную массу сжижаемого компонента, которая не может сконденсироваться. Если начальное продуктосодержание компонента больше текущего, то при каждой температуре может сконденсироваться только масса компонента, которая соответствует разнице между значениями начального и текущего продуктосодержания.

Прослеживается изменение парциального давления, плотности компонентов и температуры смеси при сжижении пропанобутановой фракции из ПНГ путем адиабатического расширения смеси.

О сжижении интересующей нас компоненты судим путем сравнения текущего значения продуктосодержания насыщенного пара этой компоненты с его начальным значением.

Если начальное продуктосодержание компонента при данной температуре больше текущего, то может сконденсироваться масса компонента равная разнице между значениями его начального и текущего продуктосодержания.

Сравнивается эффективность конденсации компонент в процессе адиабатического расширения смеси без учета и с учетом выделения тепла при конденсации.

Тепло, выделяемое при конденсации, ведет к повышению температуры смеси и, следовательно, к уменьшению массы сконденсированных компонент и к снижению эффективности конденсации.

Извлечение жидких углеводородов из ПНГ с использованием технологии адиабатического расширения возможно, при верной компоновке и взаимодействии технических устройств, которые реализуют данную технологию.

Эффективность конденсации компонент в процессе адиабатического расширения смеси низка. Не все компоненты могут быть сконденсированы. Поэтому непосредственное использование устройства, в котором происходит адиабатическое расширение смеси газов (сопло Лавалля), для извлечения жидких углеводородов из природного и попутного нефтяного газа вряд ли целесообразно. Следует иметь в виду, что при адиабатическом расширении газовой смеси в сопле Лавалля скорость струи близка к скорости звука или больше нее, а плотность газа весьма мала, что при наличии тепловыделения конденсации препятствует ее осуществлению. Проведенный анализ показывают, что возможность эффективного извлечения жидких углеводородов из ПНГ по технологии адиабатического расширения с использованием решений, представленных в (Е. П. Запорожец, Г. К. Зиберт, И. М. Валиулин, А.Г. Зиберт. Основные направления совершенствования низкотемпературной газодинамической сепарации. «НефтьГазПромышленность» №4(32), 22.06.2007) сомнительна.

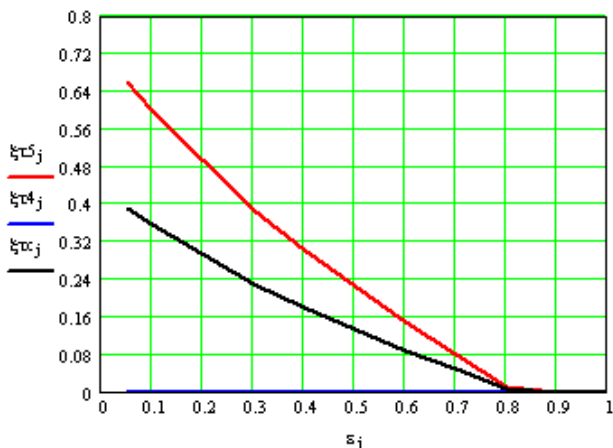


Рис. 1. Эффективность конденсации компонент в процессе адиабатического расширения смеси.

Выводы:

1. Извлечения жидких углеводородов из ПНГ с использованием технологии адиабатического расширения возможно, при верной компоновке и взаимодействии технических устройств, которые реализуют данную технологию.
2. Эффективность процесса извлечения жидких углеводородов из ПНГ непосредственно в сопле низка. В данном примере при снижении давления с 4,0 МПа до 0,2 МПа она составляет 0,29.
3. Процесс извлечения жидких углеводородов из ПНГ при одновременном снижении давления и температуры смеси малоэффективен. Эффективность процесса можно существенно повысить, если газовую смесь при начальном давлении предварительно охлаждать в теплообменнике не сжижаемой частью газовой смеси после ее адиабатического расширения и охлаждения до низких температур.

УДК 0.83.72:541.64:541.427

Єфіменко О. В., Іванов С. В., Полункін Є. В.
Національний авіаційний університет, Україна

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ФУЛЕРЕНІВ ЯК ПРИСАДОК ДО НАФТОПРОДУКТІВ

Надійність експлуатації паливної апаратури і агрегатів літальних апаратів нерозривно пов'язана з якістю палива. Із усіх властивостей, що характеризують цей показник, основними є ті, які виявляються в процесі експлуатації авіаційної техніки, і ці властивості отримали назву експлуатаційних. Основними з них є схильність палив до утворення нерозчинних продуктів окиснення – окисна

стабільність, а також протизносні властивості.

Для сучасної авіаційної техніки з газотурбінними та реактивними двигунами характерна підвищена теплонпруженість паливної системи. Паливо нагрівається при використанні його в якості охолоджуючого агента, тобто за рахунок тепла, що виділяється від працюючих механізмів (охолодження масла в паливо-масляних радіаторах, керування жалюзіями реактивного сопла, перепуску повітря), а в надзвукових літаках – через аеродинамічне розігрівання.

При польотах повітряного судна зі швидкістю $3M$ (M – число Маха) температура палива в баках досягає $120\text{--}150^\circ\text{C}$, а при збільшенні швидкості температура може досягати 200°C . Така температура перевищує температуру початку кипіння самих вуглеводневих палив, що призводить до інтенсивного їх випаровування та створення умов, що сприяють смолоутворенню. Ці процеси відбуваються як при високих, так і при низьких температурах.

Низькотемпературні відкладення у реактивних паливах переважно спостерігаються на стінках складських резервуарів, фільтрах тонкої очистки, а також в паливних системах літаків і ракетної техніки, деталях паливорегулюючої апаратури, паливо-масляних радіаторах. Утворюючись в невеликій кількості, такі відкладення являють собою обводнені продукти корозії. Вони легко вилучаються при планових зачистках резервуарів і належній фільтрації палива.

Осад, що суттєво знижує надійність роботи паливної системи, здатен утворюватися не лише при низьких, але і при високих температурах. Виникнення високотемпературного нерозчинного осаду – наслідок схильності компонентів палива до окиснення. Рідкофазне окиснення палив визначається температурою і залежить від вмісту в них гетероорганічних і ненасичених сполук. Склад низькомолекулярних смол свідчить про те, що це продукти окиснення малостабільних вуглеводнів, а високомолекулярних смол – продукти окиснення сірчаних та азотоорганічних сполук.

Реактивні палива з низькою термостабільністю, протікаючи через радіатори, фільтри, форсунки, насоси, поступово забруднюють їх. Інтенсивність випадання осаду залежить від ступеня нагріву палива в системі, каталітичної дії кольорових металів, концентрації кисню як розчиненого в паливі, так і в надпаливному просторі, термоокиснювальної стабільності палива.

При виробництві палива РТ в гідроочищену фракцію додають 15–20% прямогонного дистиляту для покращення протизношувальних властивостей, оскільки повне видалення гетероатомних сполук призводить до погіршення цього показника якості. Наприклад, прагнення отримати термостабільне реактивне паливо привело до використання методу гідроочищення прямогонних компонентів з метою вилучення нестабільних і корозійно-активних домішок. При цьому протизношувальні показники палива різко знизилися, тому паливо Т-8В було знято з виробництва саме по цій причині.

Для поліпшення експлуатаційних властивостей до реактивних палив найбільш часто додають антиокиснювальні, протизношувальні, низькотемпературні присадки. Але з розвитком техніки виникла необхідність у розробці новітніх способів підвищення протизношувальних характеристик та окиснювальної стабільності реактивного палива. Найбільш перспективним шляхом є додавання фулеренових наноприсадок.

Нові синтетичні матеріали, експлуатаційні характеристики яких значно перевершують природні, є основою просування людства по шляху прогресу. У даний час матеріалознавство виходить на новий виток свого розвитку. У практику все більш наполегливо просувають матеріали, що складаються з нанорозмірних частинок, що надають останнім унікальні експлуатаційні властивості. У зв'язку з цим відкриття нової алотропної форми вуглецю – фулеренів, виявилось досить актуальним та своєчасним. Молекула C_{60} містить фрагменти з п'ятикратною симетрією, які не зустрічаються в природі для неорганічних сполук (рис. 1).

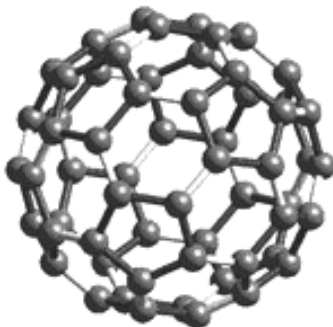
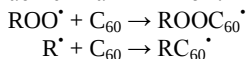


Рис. 1. Молекула фулерену C_{60}

Спільними дослідженнями науковців з Інституту біоорганічної хімії та нафтохімії НАН України та Національного авіаційного університету було показано, що вільні фулерени C_{60} , (C_{70}), та їх похідні здатні інгібувати радикально-ланцюгове окиснення органічних матеріалів.

Після проведення ряду досліджень було встановлено, що, обрив ланцюгів окиснення фулеренами відбувається таким чином:



Тому, фулерени повинні гальмувати окиснення вуглеводнів, що відбувається за вільно-радикальним механізмом.

Знос і ресурс роботи паливної апаратури, яка встановлюється на сучасних реактивних двигунах внутрішнього згорання, залежить від умов її експлуатації і протизносних властивостей палив, які відіграють роль змащувального матеріалу в паливній системі. Інтенсивність зносу деталей визначається хімічним складом паливо-мастильних матеріалів, швидкістю відносного переміщення деталей, навантаженням, температурою в зоні контакту пар тертя, змащувальними властивостями паливно-мастильних матеріалів. Тому було проведено дослідження впливу змащувальних властивостей фулеренів в реактивному паливі ТС-1 на величину зносу деталей.

Для оцінки впливу фулерену на протизношувальні властивості реактивного палива проводили трибологічні випробування згідно ГОСТ 9490-75 на стандартизованій чотирьохкульковій машині тертя.

У процесі дослідження спостерігали за зміною величини зносу залежно від

концентрації фулерену, що додавали як присадку. Результати дослідження наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Результати випробувань реактивного палива ТС-1 на чотирьохкульковому трибометрі

Склад	Концентрація фулерену, г/л	Знос, $d_{\text{зн.}}$, мм	Навантаження, $P_{\text{кр.т.}}$, Н
ТС-1	-	0,67	250
ТС-1 + фулеренова суміш	0,0064	0,67	280
ТС-1 + фулеренова суміш	0,016	0,67	300
ТС-1 + фулеренова суміш	0,285	0,67	350
ТС-1 + фуллерен C_{60}	0,033	0,67	340

Таким чином, добавка до реактивних палив фулеренів, покращує не лише протизадирні властивості, що характеризуються підвищенням критичного навантаження переходу до схоплення, але і протизносні, що характеризуються критерієм зносу K , який вираховується за формулою:

$$K = \frac{D_{\text{д.д.}} \cdot U_{\text{д.}}}{D_{\text{д.д.}} \cdot U_{\text{д.}}} \cdot 100\%,$$

де $P_{\text{кр.досл.}}$ та $P_{\text{кр.ет.}}$ — значення величин критичних навантажень для досліджуваного та еталонного палив; $U_{\text{досл.}}$ та $U_{\text{ет.}}$ — значення величин зносу для досліджуваного та еталонного палив.

Як еталонне паливо використовується нормальний пентадекан. Значення критичного навантаження ($P_{\text{кр.ет.}}$) при випробуванні пентадекана складає 24,5 кг, а величина зносу ($U_{\text{ет.}}$) становить 1,31 мм.

Тому, застосування фулеренів для покращення антиокисних та протизносних властивостей нафтопродуктів є перспективним напрямком проведення наукових досліджень.

УДК 621.891

Захарчук В. П., Захарчук П. П.
Національний авіаційний університет, Україна

НОВІТНІ ТЕХНОЛОГІЇ МІНІМІЗАЦІЇ ВТРАТ ЛЕТКИХ ВУГЛЕВОДНЕВИХ ФРАКЦІЙ НА ОБ'ЄКТАХ АВІАПАЛИВОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Основним видом втрат нафтопродуктів при транспортуванні та зберіганні є втрати від випаровування з резервуарів, авто- і залізничних цистерн, паливних баків автомобілів. За опублікованими даними автозаправні станції Росії викидають в атмосферу протягом року понад 140 тис. т парів вуглеводнів,

автозаправні станції Німеччині – 145 тис. т, Англії – 120 тис. т.

Втрати нафтопродуктів визначаються низкою факторів: об'ємом, температурою і газонасиченістю нафтопродукту, що закачується в резервуар, концентрацією пари нафтопродукту, тиском у газовому просторі (ГП). Вміст пари в ГП підвищується в процесі заповнення резервуару, однак основна маса парів вуглеводнів накопичується в ГП в період зберігання нафтопродукту в резервуарі. Середньорічні втрати від великих дихань становлять близько 0,14% від обсягу нафтопродукту, що зберігається.

Зменшення обсягу викидів пари вуглеводнів в атмосферу може бути досягнуто різними способами: поліпшенням герметизації ємностей; зниженням абсолютних значень температури ГП і нафтопродуктів, які зберігаються, а також зменшенням амплітуди їх коливань; зменшенням обсягу ГП в резервуарі; вловлюванням парів вуглеводнів, що утворюються в резервуарах.

На сьогодні найбільшого поширення за кордоном в якості засобів скорочення втрат вуглеводнів отримали плаваючі дахи і понтони. Вони забезпечують значну ступінь скорочення втрат. Частка резервуарів з плаваючими дахами і понтонами за кордоном перевищує 60% від загального числа резервуарів. У нас цей показник – менше 20% і до цих пір експлуатується велика кількість резервуарів, які не мають взагалі ніяких засобів скорочення втрат від випаровування.

Модернізація існуючих резервуарних парків шляхом установки понтонів і плаваючих дахів не вирішує завдань ліквідації втрат нафтопродуктів при малих і великих диханнях.

На горизонтальних резервуарах АЗС і нафтобаз застосування таких пристроїв взагалі конструктивно не можливе.

Викиди в атмосферу пароповітряної суміші з резервуара при її нагріванні і надходження повітря всередину резервуара при охолодженні можна усунути шляхом підключення до пароповітряної порожнини резервуара газгольдера. Роль газгольдера може виконувати м'який резервуар (МР) достатнього обсягу, виготовлений з еластичного газонепроникного електростатичного матеріалу, що має необхідну міцність. У цьому випадку парогазова суміш буде перетікати з резервуара в МР без контакту з атмосферним повітрям.

МР може розміщуватися поза резервуара і підключатися до газової об'язки задіяних резервуарів. Схема газовирівнювальної системи з використанням МР дозволяє компенсувати великі і малі дихання в процесі експлуатації АЗС. У цьому випадку обсяг МР повинен бути вибраний з умов компенсації малих дихань резервуарів.

Можлива схема, у якій відсутня об'язка ємності автозаправника з горизонтальними резервуарами, при цьому викиди пароповітряної суміші з автоцистерни не відбувається. У цьому випадку обсяг МР повинен вибиратися з умов компенсації як великих, так і малих дихань. Наявність об'язки резервуара і бензобака автомобіля призведе до накопичення пароповітряної суміші в МР. Накопичення суміші можна уникнути, якщо в схемі об'язки передбачити установку уловлювання та компресування парів бензину (УКПБ). Отримана у результаті компресування рідка фракція парів бензину повертається в резервуар. Робота системи виключає забруднення навколишнього середовища парами бензину.

Газовирівнювальна система з використанням МР дозволяє компенсувати великі і малі дихання в процесі експлуатації резервуарного парку. У цьому випадку обсяг МР повинен бути вибраний з умови компенсації малих дихань резервуарів.

Одним з найбільш перспективних напрямків розвитку засобів уловлювання вуглеводневих парів є застосування компресійних систем уловлювання легких фракцій з використанням рідинно-газових струмінєвих апаратів. У цих апаратах робоча рідина подається в ежектор через сопло за допомогою насоса і захоплює за собою пасивний потік пароповітряної суміші з резервуара. Частина енергії робочої рідини в процесі змішування фаз передається пасивному потоку, стискаючи його. Одночасно відбувається процес інтенсивної конденсації парів вуглеводнів, що утворилася на виході з ежектора, рідинно-газова суміш розділяється в сепараторі, після чого осушене стиснене повітря йде на подальше очищення або в атмосферу, а робоча рідина подається на вхід насоса. Ступінь уловлювання вуглеводневих парів струменево-компресорними установками залежить від фракційного складу пароповітряної суміші, ступеня стиснення і температури робочої рідини. Тому ефективність таких систем коливається в межах 80–98%. Потужність, споживана струменевим компресором, також залежить від ступеня стиснення пароповітряної суміші і змінюється в межах 20–250 кВт.

У багатьох країнах ведеться пошук найбільш ефективних і перспективних способів захисту навколишнього середовища від викидів парів нафтопродуктів. Пропоновані пристрої для регенерації парів нафтопродуктів при їх зберіганні в резервуарах засновані, в основному, на принципах абсорбції та адсорбції парів, закачування їх у спорожнені резервуари. Але усі вони або відрізняються значною вартістю, так що витрати на їх спорудження і експлуатацію зазвичай перевищують вартість збереженого продукту, або не забезпечують повну утилізацію легких фракцій вуглеводнів.

Разом з тим, з урахуванням сучасного рівня технічного оснащення об'єктів паливозабеспечення, природні втрати нафтопродуктів від випаровування з високою економічністю можуть бути практично повністю усунені за рахунок застосування установок на основі низькотемпературних машин Стірлінга. Ця технологія належить до класу конденсаційних систем, що забезпечують уловлювання легких фракцій вуглеводнів (ЛФВ) за рахунок їх охолодження з подальшою конденсацією.

У даний час розроблені нові Стірлінг-технології, що не мають аналогів у світі. Установки призначені для 100% уловлювання ЛФВ при зберіганні нафтопродуктів на нафтобазах та автозаправних станціях. В основу установок покладена технологія охолодження ЛФВ з використанням низькотемпературних холодильних машин Стірлінга.

Переваги використання даних установок:

- 100% зниження технологічних втрат нафтопродуктів від випаровування при їх транспортуванні і зберіганні;
- значне скорочення викидів шкідливих речовин в навколишнє середовище;
- підтримку високої якості світлих нафтопродуктів при їх тривалому зберіганні;

Низькотемпературні холодильні машини Стірлінга високоєфективно

працюють в діапазоні – 250°C, що дозволяє скраплювати при атмосферному тиску весь спектр легких вуглеводнів. Ефективність застосування низкотемпературних машин Стірлінга для охолодження і конденсації газоподібних вуглеводнів доведена багаторічною експлуатацією систем реконденсації на закордонних газовозах. Багатоцільові газовози типу «Pythagore», «Teviot», «Lincoln Ellsworth», «Thales» призначені для перевезення метану, етану, пропілену, пропану, бутану і т. д. Діапазон температур перевезення – від -160° С до -10 ° С. Як скраплювачі газів застосовувалися машини Стірлінга фірмами «Werkspoor» і «Philips». Установки працюють в автоматичному режимі без присутності обслуговуючого персоналу.

Техніко-економічні розрахунки показали високу економічну ефективність даної технології, термін окупності систем по вловлюванню ЛФВ на нафтобазах і АЗС складає від 2 до 3,5 років.

УДК: 620.197.3

Ільчак О. Б., Ледовських В. М.
Національний авіаційний університет, Україна

ЕЛЕКТРОХІМІЧНЕ ВІДНОВЛЕННЯ КИСНЕВМІСНИХ СПОЛУК НА РІЗНИХ КАТОДНИХ МЕТАЛАХ

Оливи відіграють важливу роль в експлуатації сучасної техніки. Світовий об'єм утворення олив становить 38,5 млн т/рік. При експлуатації вони зазнають істотних змін: заводнення, забруднення механічними домішками, глибокі хімічні зміни. Отже, в результаті господарської діяльності кожного року утворюються великі обсяги відпрацьованих нафтопродуктів.

При роботі олив в машині або механізмі вони “старіють”, тобто поступово їх якість погіршується. Це відбувається у наслідок зменшення вмісту (спрацьовування) функціональних присадок, зміни в'язкості, накопичення в оливі продуктів окиснення і зношування, механічних домішок, води і зменшення концентрації присадок було відмічено не тільки при роботі, але і при зберіганні оливи унаслідок їх випадання з об'єму оливи в осад.

Окиснення оливи приводить до підвищення їх в'язкості внаслідок утворення високомолекулярних продуктів. Підвищенню в'язкості оливи сприяє випаровування з неї легких фракцій.

Основна причина полягає в окисненні вуглеводнів олив киснем. Показано, що процеси окиснення видобуваються за радикальним механізмом. Первинними продуктами окиснення вуглеводнів, що входять до складу олив, є гідропероксиди. Вони утворюються при окисненні парафінових, нафтових, алкілароматичних і нафтенно-ароматичних вуглеводнів. У результаті розкладу гідропероксидів і подальших реакцій в оливах утворюються кислоти і нейтральні продукти окиснення. При окисненні алкілароматичних вуглеводнів, що мають короткі бічні ланцюги, в основному утворюються феноли і продукти їх конденсації — смоли, асфальтени, і т. п., а з вуглеводнів з довгими бічними ланцюгами і з нафтових вуглеводнів з довгими бічними ланцюгами утворюються кислоти, гідроксикислоти та їх похідні.

У літературі є згадування про застосування процесу електролізу для проведення регенерації окиснених олив. Так власне відомий спосіб полягає в накладанні високої різниці потенціалів на відпрацьовані оливи і вказується, що при цьому відбувається покращення деяких характеристик. Насамперед, кислотного числа та в'язкості. Разом з тим нема достатньо інформації про кінетику і механізм перебігу цих реакцій не можна вважати обґрунтованими вибрані параметри електролізу сировини.

Мета роботи – дослідження і обґрунтування принципової можливості застосування електрохімічного методу для катодного відновлення кисневмісних продуктів окиснення олив.

Метою експериментальних досліджень цієї роботи є дослідження електрохімічного катодного відновлення кисневмісних сполук, альдегідів, кетонів та естерів карбонових кислот.

Для визначення можливості застосування катодного відновлення (вирішення поставленої задачі регенерації) було заплановано проведення поляризаційних досліджень у сульфатнокислих водно-спиртових розчинах альдегідів, кетонів та естерів карбонових кислот та суміші кисневмісних речовин на металах з високою перенапругою відновлення водню, в якості яких використовували свинець, кадмій та цинк. Для доведення можливості одночасного відновлення суміші кисневмісних речовин і визначення послідовності перебігу їх реакцій на електроді провели поляризаційні дослідження процесів електровідновлення суміші розчинів альдегіду, кетону і естеру, ілюстрацію яких можна бачити на рис. 1.

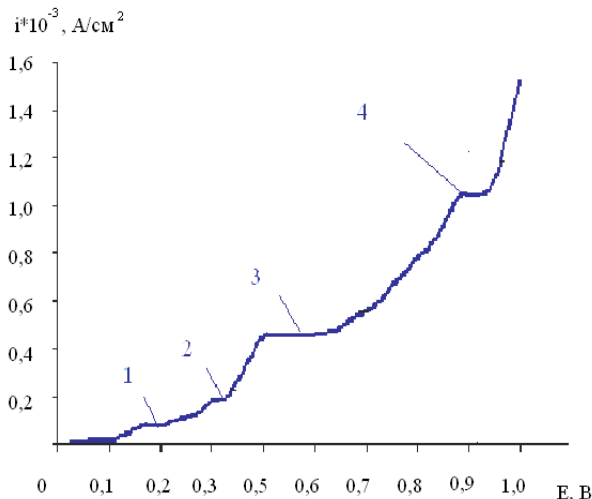
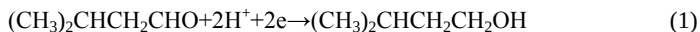


Рис. 1. Поліарографічна крива Pb-електрода: суміші ізовалеріанового альдегіду (0,1 моль/л), ацетону (0,1 моль/л) і етилпальмітату (0,005 моль/л) у кислому водно-спиртовому розчині

Можна вважати, що ділянка 1 відповідає відновленню альдегіду, так як величина граничного струму (90 мкА/см^2) і значення потенціалу (0,2 В) практично

співпадають із відповідними значеннями у літературних даних; також, ділянка 2 таким же чином відповідає відновленню ацетону (близько 200 мкА/см²); ділянка 3 – кисню, а ділянка 4 – етилпальмітату (1040 мкА/см²).

Відновлення кисневмісних сполук відбувається за реакціями (1–4):



Отже, поляризаційна крива показує, що за даних умов відновлюються альдегіди, кетони і естери карбонових кислот.

Зіставлення величин потенціалів напівхвиль відновлення кисневмісних сполук показує послідовність відновлення:

альдегід → кетон → естер карбонової кислоти, що відповідає послідовності відновлення цих класів кисневмісних сполук сильними відновниками у хімічних реакціях в розчинах.

Така послідовність відновлення кисневмісних сполук може свідчити про те, що зі збільшенням позитивного електронно-донорного ефекту замісників у карбонільній групі зменшується позитивний заряд на атомі вуглецю карбонільної групи, погіршується його адсорбція на відємно зарядженій поверхні електрода, і тим важче відновлюються сполуки, тобто при більш від'ємних значеннях електродного потенціалу.

Отже, на основі проведених поляризаційних досліджень можна зробити висновок, що естери карбонових кислот здатні відновлюватися у кислих водно-спиртових середовищах на електродах з високою перенапругою водню, у даному випадку на свинцю, і ці процеси контролюються дифузією речовини до поверхні електрода.

Але разом з цим свинець та його сполуки належать до речовин з підвищеною токсичністю. Тому ми проводили дослідження на кадмієвому та цинковому катоді (рис. 2).

-E_{НВЕ}, В

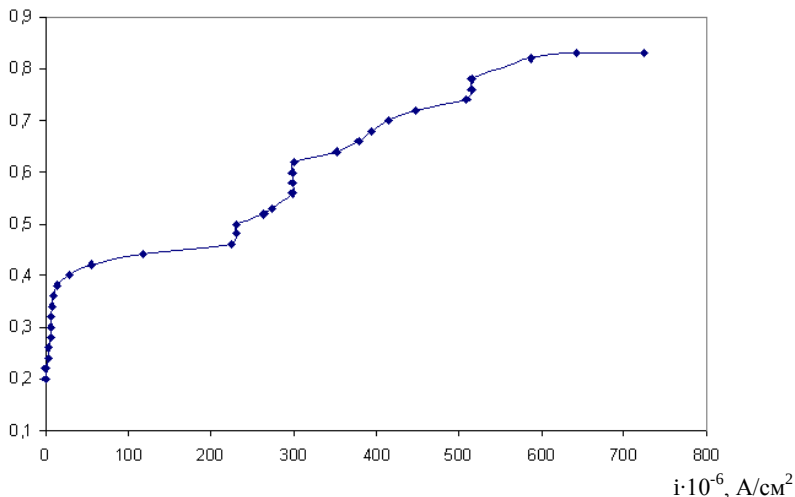


Рис. 2. Потенціостатична поляризаційна крива Cd-електрода: суміші ізовалеріанового альдегіду (0,01 моль/л) і етилпальмітату (0,01 моль/л) у кислому водно-спиртовому розчині

На рис. 2 ділянка кривої 1 відповідає відновленню альдегіду з величиною граничного струму 240 мкА/см^2 і значенням потенціалу $0,46 \text{ В}$, ділянка 2 відповідає відновленню кисню (близько 300 мкА/см^2); ділянка 3 – відновлення етилпальмітату.

Подібні результати отримані при електровідновленні кисневмісних органічних сполук на цинковому електроді, який характеризується високою перенапругою відновлення водню.

УДК 621. 891.539.375

Стельмах О. У., Кушев О. В., Шевченко Р. О., Бадір К. К.
Національний авіаційний університет, Україна

ДИФУЗІЙНІ ГІДРОДИНАМІЧНІ ПРОЦЕСИ ФОРМУВАННЯ ВІБРАЦІЇ ТА ШУМУ ТРИБОСИСТЕМ КОЧЕННЯ

З розробкою гіпотези про компресійно-вакуумну природу тертя колективом науково-дослідної лабораторії нанотриботехнологій НДЧ НАУ було висунуто припущення, суть якого полягає в тому, що однією з важливих складових вібраційно-акустичних явищ в трибосистемах кочення є виникнення локальних зон, де може проявлятися місцева кавітація, яка виникає на певних режимах (швидкість, навантаження) тертя для певних змащувального середовища та типорозміру підшипника кочення. Признаками, які свідчать про виникнення кавітаційних режимів течії змащувального середовища в робочих порожнинах

підшипників кочення, може служити різке зростання рівня шуму та вібрації вузла в цілому.

Аналіз робочих поверхонь деталей підшипника, що не були в експлуатації, і тих, що мають напрацювання, проведений на лазерному скануючому мікроскопі, виявив можливість появи між двома контактуючими поверхнями завдяки особливостям їх топографії замкнутих, наповнених змащувальним середовищем резервуарів, в яких дійсно в процесі тертя кочення можуть утворюватися кавітаційні режими течії.

Експериментальні результати, що були отримані в процесі вібро-акустичних досліджень трибосистем кочення на прикладі прецизійних підшипників закритого типу 4-1080096ШЗУС21 при визначених режимах, показали, що для різних мастильних матеріалів при певному осьовому навантаженні дійсно має місце критична швидкість кочення, при перевищенні якої лавиноподібно зростає загальний рівень вібрації та шуму трибосистеми в цілому, що підтверджує висунуту гіпотезу.

Таким чином, трибоконтакт кочення представляє собою складну систему, яку слід розглядати, як комплекс конфузотно-дифузортних контактних зон за напрямком руху, де у дифузортних локальних мікрооб'ємах граничних шарів виникає трибокавітація, що є джерелом вібро-акустичних хвиль певної амплітуди та частоти, параметри яких залежать від кількості, якості та фізико-хімічних властивостей змащувального середовища та стану і параметрів шорсткості робочих поверхонь трибосистем кочення.

УДК 620.193.2: 621.793(045)

Левченко С. В., Ледовских В. М.

Национальный авиационный университет, Украина

Поляков С. Г.

Институт электросварки им. Е.О.Патона НАН Украины, Украина

КОРОЗИОННАЯ СТОЙКОСТЬ СТАЛИ ПРИ ЕЁ ЭЛЕКТРО-ИСКРОВОЙ ОБРАБОТКЕ

Металлические поверхности производственного оборудования подвергаются коррозионным разрушениям под действием растворенного в воде кислорода органических и неорганических веществ, в том числе растворов электролитов (кислот, оснований, солей). К ухудшению качества металлических поверхностей приводят их загрязнения технологическими жидкостями и недостатки металлургических производств (расслоения, остатки окалина и ржавчины, неровности швов, неудовлетворительный класс чистоты поверхности).

Отмеченные выше факторы ускоряют коррозионные процессы, ухудшают механические свойства стали, гидродинамику жидкостных и газовых потоков, а так же эффективность технологических процессов. Известные методы подготовки металлических поверхностей (лазерный, плазменный, импульсный, механический, электро-лучевой) позволяют улучшить качество поверхности и механические свойства стали, но в месте с тем имеют ряд существенных недостатков :

дороговизна оборудования, трудоемкость процесса, значительные энергозатраты, ограничения в использовании.

К электрическим способам подготовки поверхности относят такие, при которых изменение качества поверхности и структуры металла происходит за счёт термического и химического действия электрического тока, который подводится непосредственно к металлической конструкции и инструменту.

Авторами статьи предложена технология электро-искрового метода подготовки поверхности стали с помощью электрических шлифовальных машин с использованием специальных комбинированных технологических жидкостей синергического действия.

Для определения энергетических затрат процесса обработки стальных поверхностей при различных режимах работы электрической шлифовальной машины установка была оснащена измерительной аппаратурой. Анализ вольт-амперных характеристик показывает, что при работе электрической шлифовальной машины с использованием созданных комбинированных добавок, энергетические затраты процесса обработки могут снижаться на 30-40 %.

Это объясняется тем, что смазочно-охлаждающие технологические жидкости содержат эффективные смеси поверхностно-активных веществ, которые характеризуются эффектом взаимного усиления свойств – синергизмом. Созданные смеси комбинированных добавок способны проявлять повышенную поверхностную активность, которая зависит от природы компонентов и соотношения их концентраций в смесях катионных и анионных ПАВ. Это происходит за счёт притягательного взаимодействия частиц между собой, что улучшает их адсорбцию на поверхности металла.

При адсорбции ПАВ на металле происходит снижение поверхностной энергии и пластифицирование поверхностных слоёв (эффект Ребендера). Поверхностное пластифицирование подтверждают результаты измерения микротвердости поверхности стали. Снижение микротвердости стали за счёт адсорбции ПАВ комбинированной добавки способствует смещению поверхностных слоёв металла при электро-искровой обработке, что приводит к удалению микротрещин и заглаживанию поверхности металла.

Исследование поверхностного натяжения (прибор Ребендера) показали, что повышение поверхностной активности комбинированной добавки и снижение микротвердости стали в растворах технологических жидкостей носит симбатный характер, в зависимости от состава раствора (рис 1).

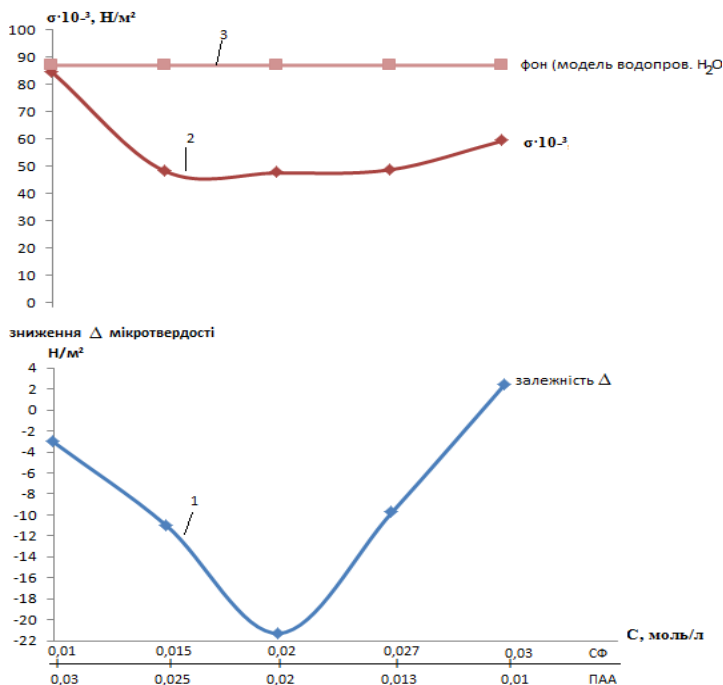


Рис.1. Зависимости снижения поверхностного натяжения и микротвердости в изомольной серии катионного и анионного компонентов ПАВ с суммарной концентрацией 0,04 моль/л:

1 - снижение микротвердости стали Ст. 20 в растворе смеси катионного и анионного компонентов ПАВ; 2 - поверхностное натяжение раствора, содержащего катионный и анионный компоненты ПАВ; 3 - поверхностное натяжение фоновой раствора на границе раздела фаз жидкость-воздух

Результаты измерений на твердомере ТД-32 показали, что микротвердость трубной стали Ст-20 в состоянии поставки с классом чистоты 7 составляет 152 H/m^2 ; а после выдерживания в растворе комбинированной добавки – 121 H/m^2 по шкале Бринеля, что соответствует снижению микротвердости более чем на 20%.

Проведенные профилографические исследования стальных образцов показали, что электро-искровая обработка с применением технологических жидкостей содержащих комбинированные добавки, позволяет повысить класс чистоты поверхности металла на 3 и более единиц. Было установлено, что профиль трубной стали после пескоструйной обработки составляет 40 мкм, после обработки с водой 25 мкм, а с комбинированной добавкой соответственно 10 мкм. Применение электро-искровой обработки позволяет эффективно удалить слои ржавчины, окарины и сделать поверхность стали более чистой.

Созданная комбинированная добавка обеспечивает эффективную защиту

стали от коррозии в процессе обработки за счет введения в её состав ингибиторов пассивирующего и адсорбционного типов синергического действия.

Механизм ингибирующего действия комбинированных добавок объясняет график потенциостатических поляризационных кривых (рис 2) в растворах модели водопроводной воды ($0,3 \text{ г/л NaHCO}_3$, $0,3 \text{ г/л Na}_2\text{SO}_4$, $0,6 \text{ г/л NaCl}$)

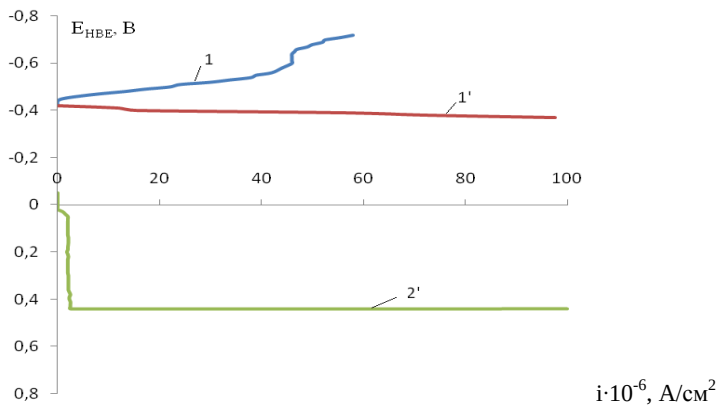


Рис 2. Потенциостатические катодные и анодные поляризационные кривые стали СТ-20

в модели водопроводной воды:

1 - катодная кривая без ингибитора; 1' - анодная кривая без ингибитора; 2' -анодная кривая с ингибитором.

Поляризационные измерения проводились на потенциостате П-5827М с трехэлектродной термостатируемой ячейкой (рабочий электрод – стальная пластина, дополнительный электрод – платина, электрод сравнения – хлорсеребряный). Потенциалы пересчитывались на нормальную водородную шкалу.

Исследования коррозионного поведения стали в водно-солевых средах в отсутствии добавки показали, что катодная реакция восстановления кислорода характеризуется диффузионным механизмом (кривая 1), а анодная реакция протекает в активной области растворения металла (кривая 1'). Предельный ток восстановления кислорода является фактором определяющим скорость коррозионного разрушения металла в фоновом растворе.

Потенциостатические исследования поведения стали в присутствии добавки показали, что её введение в агрессивные водно-солевые среды и соответствующее изменение pH до щелочной реакции обеспечивает эффективную защиту металла за счёт его перехода в пассивное состояние, обусловленное образованием термодинамически устойчивых пассивных плёнок в виде гидратированных оксидов железа (III). Устойчивое пассивное состояние металла в растворе в присутствии добавки подтверждается на графике (кривая 2') пассивной областью в широком диапазоне потенциалов (потенциал питтингообразования достаточно удалён от коррозионного). Ток полной пассивации стремится к нулю и значительно меньше граничного диффузионного тока восстановления кислорода

катодной реакции, что так же подтверждает эффективное защитное действие разработанной комбинированной добавки в процессе электро-искровой обработки стали.

Результаты поляризационных исследований подтверждаются прямыми массометрическими измерениями эффективности ингибиторов (табл. 1).

Таблица 1

Результаты массометрических испытаний общей коррозии

Марк.	Размеры	S, см ²	Масса I	Масса II	I-II	г/(м ² час)	мм/год
3% NaCl							
1	50,1 x 20,0 x 1,5	22,0	11,4657	11,4450	0,0207	0,047	0,051
2	50,0 x 20,0 x 1,5	22,0	11,6658	11,6354	0,0304	0,068	0,075
3	50,1 x 20,0 x 1,5	22,14	11,6348	11,6106	0,0241	0,050	0,055
3% NaCl+ инг.							
4	50,1 x 20,0 x 1,5	22,0	11,6189	11,6168	0,0020	0,0045	0,005
5	50,1 x 20,0 x 1,5	22,0	11,3896	11,3800	0,0036	0,009	0,010
6	50,1 x 20,0 x 1,5	22,14	11,6006	11,5986	0,0020	0,004	0,0044

Результаты массометрических измерений показали, что даже при высоких концентрациях хлорид-ионов (3% NaCl) в агрессивных водно-солевых средах комбинированная добавка обеспечивает степень защиты металла выше 90 % .

Ускоренные испытания защитных свойств разработанных технологических жидкостей проводились в условиях действия солевого тумана в камере КСТ-1 при температуре (35+2) °С. Камера солевого тумана (концентрация раствора NaCl для распыления (50+5) г/дм³; концентрация раствора Na₂SO₃ – (10+1) г/дм³; концентрация SO₂ – (40+10) мг / м³). Относительная влажность в камере не нормируется. Камера солевого тумана КСТ-1 работала на протяжении 12 часов в сутки. Исследования показали, что максимальный защитный эффект последствия обеспечивают технологические жидкости, содержащие синергические смеси NaNO₂ с органическими азотсодержащими веществами.

Выводы

Таким образом, электро-искровой метод обработки стали с применением технологических жидкостей multifunctional комбинированных добавок позволяет существенно снизить энергозатраты и осуществлять эффективную подготовку поверхности стали с одновременным повышением класса её чистоты и защитой от коррозии, как в процессе обработки, так и в послеоперационный

період.

УДК 665.753(045)

Луганова Т. О., Новікова В. Ф.
Національний авіаційний університет, Україна

ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ОПТИМІЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЙ ОТРИМАННЯ ПАЛИВ ДЛЯ ДИЗЕЛЬНИХ І ПОВІТРЯНО-РЕАКТИВНИХ ДВИГУНІВ

Автомобільний транспорт відіграє важливу роль в економіці України та у житті громадян. Разом з тим він є найбільшим споживачем моторних палив нафтового походження, штучним джерелом забруднення атмосферного повітря приблизно такої ж потужності, як енергетична галузь або сумарно всі інші галузі господарства, та одним з основних джерел викидів „парникових газів”.

Паливо для двигунів транспортних засобів є токсичною речовиною, здатною викликати захворювання або відхилення в стані здоров'я людей, що контактують із ним. Забруднення навколишнього середовища нафтопродуктами відбувається в результаті їхнього випаровування й витоків, а також викиду в атмосферу продуктів згорання палив під час роботи двигунів.

Враховуючи ріст світового попиту на дизельне паливо, законодавство промислово розвинених країн приділяє підвищену увагу екологічній безпеці дизельних двигунів та підтримує прагнення до зниження шкідливих викидів з відпрацьованими газами.

Якість палив суттєво впливає на формування шкідливих викидів. Небажаними компонентами в паливах є сірка і ароматичні вуглеводні, особливо конденсовані, джерелом яких у відпрацьованих газах є поліциклічні ароматичні вуглеводні, що містяться в паливі, а також ті, що утворюються в камері згорання двигуна. Варто зазначити, що поліциклічні ароматичні вуглеводні в двигуні повністю не згорають і осідають на стінках камери згорання, поршні, форсунках у вигляді смолистих сполук, це зменшує потужність та ресурс роботи двигуна.

З 1 січня 2008 в Україні набув чинності новий національний стандарт ДСТУ 4840-2007 на дизельне паливо підвищеної якості. Цей стандарт є гармонізованим з EN 590:2004 у частині технічних вимог і методів контролювання, поширюється на нові марки дизельного палива („Євро”) і буде діяти одночасно з ДСТУ 3868-99, що визначає вимоги для дизельного палива для двигунів менш сучасних та застарілих колісних транспортних засобів.

На відміну від попереднього новий національний стандарт на дизельне паливо підвищеної якості нормує цетановий індекс і вміст поліциклічних ароматичних вуглеводнів.

Визначення цих вуглеводнів в таких складних системах, як дизельне паливо, можливо різними методами. Сучасними методами є вискоефективна рідинна хроматографія, надкритична рідинна хроматографія, ядерномагнітний резонанс, інфрачервона спектроскопія, а також комбіновані методи – ядерна хроматографія у сполученні з мас-спектрометрією та вискоефективна рідинна хроматографія у

сполученні з газовою хроматографією.

В Україні визначення ароматичних вуглеводнів у середніх дистилятах регламентується національним стандартом ДСТУ EN 12916:2006. Цей стандарт установлює метод визначення вмісту моно-, бі-, три-, тетрациклічних і поліциклічних ароматичних вуглеводнів у дизельних паливах.

Суть методу полягає в тому, що певну кількість проби розбавляють у рухомій фазі (гептані). Визначену кількість одержаного розчину вводять у високоефективний рідинний хроматограф, обладнаний полярною розподільчою колонкою. Така колонка має незначну спорідненість із неароматичними вуглеводнями, але в той же час демонструє чітко виражену селективність відносно ароматичних вуглеводнів. Наслідком даної селективності є те, що ароматичні вуглеводні відділяються від неароматичних вуглеводнів і, відповідно до їхньої структури, сполуки моно-, бі-, три-, тетрациклічних ароматичних вуглеводнів утворюють на виході із колонки чіткі групи піків. У визначений час після вимивання сполук біциклічних ароматичних вуглеводнів напрямом течії у розподільчій колонці змінюється, так, що сполуки три- та тетрациклічних ароматичних вуглеводнів вимиваються у вигляді єдиного чітко вираженого піку.

Розподільча колонка з'єднана з детектором показника заломлення, що реєструє речовини, які виходять із розподільчої колонки. Електронний сигнал детектора безперервно записується інтегратором. Амплітуди сигналів, що обумовлені ароматичними вуглеводнями у пробі, порівнюють із тими амплітудами, які були одержані з калібрувальних стандартів для хроматографії, щоб таким чином визначити масові частки у відсотках сполук ароматичних вуглеводнів у пробі. Сума масових часток моно-, бі-, три, тетрациклічних сполук ароматичних вуглеводнів у відсотках визначає загальний вміст ароматичних вуглеводнів.

За інформацією Мінпаливоенерго України на сьогодні вже два підприємства - ЗАТ „ЛПНК” і «Лукойл-Одеський НПЗ» після проведеної реконструкції спроможні виробляти дизельне паливо, що відповідає вимогам ДСТУ 4840.

На Лисичанському нафтопереробному заводі дизельне паливо виробляють за двома технологіями. Перша технологія передбачає виробництво дизельного палива з вмістом сірки не більше 0,05% мас. марок «Л» та «З» за ДСТУ 3868-99, друга – виробництво дизельного палива підвищеної якості за ДСТУ 4840-2007 марок А, В, С, D, Е, F з вмістом сірки 0,01 та 0,05% мас.

Сировиною для виробництва дизельного палива за першою технологією є різноманітні нафти за ГОСТ 9965-76 чи їх суміші у будь яких співвідношеннях без прив'язки до родовищ, а за другою – окрім нафти допускається використання газових стабільних конденсатів, що відповідають вимогам ОСТ 51-65-80 чи іншим нормативним документам на конденсат газовий стабільний, допущений до використання у встановленому порядку.

ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК ТРИВАЛОСТІ РОБОТИ ГІДРАВЛІЧНОЇ РІДИНИ «ГІДРОНІКОЙЛ» FH-51 З ЇЇ ХІМІЧНИМ СКЛАДОМ ТА ЯКІСТЮ

Вступ. Як відомо, сьогодні однією із робочих рідин, яку застосовують в гідравлічній системі літаків Європейських авіакомпаній, в тому числі й Українських, є «Гідронікойл» FH-51, що виробляється французькою фірмою «НІКО». Нею в гідросистемі літаків Українських авіакомпаній практично повністю замінена робоча рідина АМГ-10, яка застосовувалася багато років, ще за радянських часів, і зараз виробляється в Росії.

З прайсів виробника відомо, що «Гідронікойл» FH-51 мінеральна гідравлічна рідина, за своїм хімічним складом та показниками якості є аналогом робочої рідини АМГ-10. Однак, спеціальних досліджень на предмет встановлення і порівняння хімічного складу «Гідронікойл» FH-51 з АМГ-10 поки що не проводилося. Відомо, що «час життя» робочої рідини до її повної заміни в гідравлічній системі літака досить тривалий (близька 5000 годин нальоту). Проте, в науковій літературі не знайдено результатів досліджень щодо виявлення динаміки хімічних перетворень в молекулах сполук, що входять до складу гідравлічних рідин «Гідронікойл» FH-51 та АМГ-10, впродовж певного часового інтервалу їхньої експлуатації в гідравлічній системі.

Постановка задачі. Гідравлічна система керує всіма системами літака, які забезпечують зліт і посадку, політ та його маневрування. Ось тут постає задача: для надійної роботи систем літака, слід в першу чергу, забезпечити експлуатаційну якість робочої рідини, на якій працює гідравлічна система. Під експлуатаційною якістю розуміють збереження, в першу чергу, термічної та хімічної стабільності, високих змащувальних властивостей, оптимальної в'язкості в широкому діапазоні питомих навантажень та робочих температур, задовільних низькотемпературних властивостей в умовах експлуатації робочої рідини.

Досі вважається, що впродовж «часу життя» робочої рідини в гідравлічній системі літака в її хімічному складі не відбуваються суттєві перетворення і немає потреби контролювати хід таких перетворень. Чинними інструкціями передбачається тільки періодичний контроль вмісту води і механічних домішок (візуально), доливу рідини в бак, якщо це потрібно, і повна її заміна близько 5000 годин нальоту. Однак аналіз відмов агрегатів гідравлічної системи літаків авіакомпаній України, проведений авторами, дає підстави висунути припущення про те, що впродовж «часу життя» в хімічному складі рідини «Гідронікойл» FH-51 відбуваються певні хімічні перетворення сполук, що знижує експлуатаційну якість самої рідини та хімотологічну надійність літака.

Результати дослідження. У даній роботі представлені результати дослідження змін у хімічному складі зразків гідравлічної рідини FH-51 залежно від часу нальоту. З цієї метою досліджувалися наступні зразки гідравлічної рідини FH-51:

- зразок №1: товарна рідина;
- зразок №2: після нальоту 300 годин;
- зразок № 3: після нальоту 380 годин;
- зразок № 4: після нальоту 3600 годин.

Спочатку методом атмосферно-вакуумної перегонки за ГОСТ 2177–66 всі

зразки були розділені на окремі фракції:

– перша фракція: початок кипіння (ПК) – до появи димності при атмосферному тиску;

– друга фракція: фракції, які перегоняються під вакуумом при тиску 1 мм рт.ст. до появи димності;

– залишок після перегонки зразків.

У табл. 1. наведено результати фракціонування зразків гідравлічної рідини FH-51.

Таблиця 1

Результати фракціонування зразків

Фракція	Показники фракціонування			
	Зразок № 1	Зразок № 2	Зразок № 3	Зразок № 4
Початок кипіння (ПК), °C	208	208	205	123
Вихід першої фракції, % мас.	71,6	66,4	49,3	73,8
Межі википання другої фракції, °C (при 760 мм рт.ст.)	285–354	236–344	242–340	285–354
Вихід другої фракції, % мас.	16,9	23,1	39,8	16,4
Залишок, % мас.	11,0	10,0	10,8	9,0
Втрати, % мас.	0,5	0,5	0,1	0,8

Як бачимо, вихід першої фракції зразків № 2 та № 3 суттєво зменшився порівняно з виходом першої фракції зразка №1 (товарної рідини). Так, вихід першої фракції зразка № 2 зменшився на 5,2 % порівняно зі зразком № 1, а зразка № 2 – на 22,3 % у порівнянні з першою фракцією зразка № 1. Вихід першої фракції зразка № 4, навпаки, на 2,2 % більший, ніж першої фракції зразка № 1. Це свідчить про зміни в структурно-груповому, гомологічному і фракційному складі рідини FH-51, які відбулися при її експлуатації в гідравлічній системі літака.

З метою виявлення характеру цих змін, було виконано мас-спектральний аналіз по визначенню структурно-групового і гомологічного складу перших фракцій досліджуваних зразків рідини FH-51. У табл. 2 представлено отримані результати.

Таблиця 2

Структурно-груповий і гомологічний склад перших фракцій зразків рідини FH-51

Вуглеводні	Вміст, % відн.

	Зразок № 1	Зразок № 2	Зразок № 3	Зразок № 4
Парафіни	9,6	13,9	11,6	21,0
Нафтени, в тому числі:	85,9	81,6	68,9	73,2
моноциклічні	27,7	20,8	21,0	27,6
біциклічні	43,1	42,6	34,7	33,6
трициклічні	14,0	17,5	12,6	11,7
тетрациклічні	1,1	0,7	0,6	0,3
Ароматичні, в тому числі	4,5	4,5	19,5	5,8
алкілбензоли	2,8	2,7	12,9	3,8
Мононафтенбензоли	1,3	1,1	5,1	1,5
Дінафтенбензоли	0,4	0,4	1,3	0,5
Нафталіни	—	0,3	0,2	—
Вихід перших фракцій, % мас.	71,6	66,4	49,3	73,8

У зразку № 3 суттєво зменшився вміст нафтових вуглеводнів порівняно із зразками № 1 та № 2. Натомість, значно зріс вміст ароматичних вуглеводнів, особливо алкілбензолів (на 10,1-10,2 %) порівняно з зразками № 1 і № 2. Це свідчить про те, що в процесі експлуатації рідини FH-51 мають місце реакції деструктивного розриву алкільних радикалів високомолекулярних алкілбензолів $C_{12} - C_{16}$, що спричинило збільшення вмісту парафінів. До того ж, деструкція поліциклічних нафтових вуглеводнів з розкриттям одного нафтового циклу призводить до утворення структур з меншою кількістю циклів в молекулі. В результаті чого утворюються моно- чи, відповідно, біциклічні нафтени, які далі в процесі дегідрування перетворюються в ненасичені нафтові вуглеводні з одним та двома подвійними зв'язками та алкілбензоли. В результаті описаних процесів деструкції та дегідрування і збільшується у першій фракції зразка № 3 загальний вміст алкілбензолів. Відповідно, в цій фракції збільшився і вміст мононафтенбензолів. Утворені ненасичені моно-, бі- та трициклічні нафтові структури є менш стабільними і здатними до ущільнення. Очевидно, ущільнення ненасичених і нафто-ароматичних сполук, що утворюються в процесах дегідрування, і призводить до зменшення вмісту у перших фракціях зразків № 2, № 3 і № 4 всіх типів нафтових сполук і збільшення вмісту відповідних сполук, які мають більшу молекулярну масу і більш високу температуру википання. Внаслідок цього збільшився вихід других фракцій зразків № 2 і № 3 порівняно зі зразком № 1 (див. табл. 1). Так, збільшення на 6,2 % виходу другої фракції зразка № 2 і на 22,9 % виходу цієї ж фракції зразка № 3 порівняно з другою фракцією зразка № 1 і обумовлено процесами ущільнення ненасичених вуглеводнів. При цьому слід зазначити, що навіть невелика різниця в годинах нальоту у зразках № 2 і № 3 (80 годин) призводить до суттєвої зміни структурного і гомологічного складу рідини FH-51 (див. табл. 2).

У свою чергу, деструкція всіх типів вуглеводнів, які відповідають температурам википання других фракцій і залишку, призводить до значного збільшення (див. табл. 1) виходу першої фракції зразка № 4 (після 3600 годин нальоту) до 73,8 %. Можна припустити, що в обох останніх випадках мали місце інтенсивні процеси ущільнення низькомолекулярних ненасичених сполук. Такими

процесами деструкції, дегідрування і ущільнення пояснюється ідентичність (див. табл. 1) меж википання зразка № 1 (товарної рідини) і зразка № 4 (після нальоту 3600 годин). При цьому, як бачимо з табл. 2, хімічний склад перших фракцій цих зразків, зазнав суттєвих змін у структурно-груповому складі.

Як відомо експлуатаційні, фізичні та хімічні властивості робочих рідин оцінюються показниками якості. З метою виявлення змін в хімічному складі, ці самі зразки були протестовані в об'ємі повного аналізу контролю якості. Встановлено, що в зразку № 3 кінематична в'язкість при 50°C зменшилася практично на 2 мм²/с, температура спалаху у відкритому тиглі збільшилася на 4 °С, кислотне число збільшилося в 3,7 рази в порівнянні з нормами чинного сертифікату якості.

Висновки. Результати дослідження підтвердили висунуте припущення про те, що під час експлуатації гідравлічної рідини FH-51 суттєво змінюється її хімічний склад.

Зміни в хімічному складі відбуваються внаслідок протікання таких процесів:

- реакції деструктивного розриву алкільних радикалів високомолекулярних алкілбензолів $C_{12} - C_{16}$, які призвели до збільшення вмісту парафінів;
- деструкція поліциклічних нафтоєвих вуглеводнів з утворенням структур з меншою кількістю циклів в молекулі;
- дегідрування моно- і біциклічних нафтенів з утворенням ненасичених нафтоєвих вуглеводнів з одним та двома подвійними зв'язками і алкілбензолів.

Виявлено, що суттєві зміни в структурно-груповому і гомологічному складі першої фракції, в порівнянні з товарним зразком, з'являються в зразку № 3, тобто вже через 380 годин нальоту.

Отримані результати щодо зміни показників якості підтверджують протікання процесів деструкції та дегідрування вуглеводнів, зменшення вмісту низько киплячих вуглеводнів, утворення органічних високомолекулярних сполук. У свою чергу, наслідком виявлених хімічних перетворень у складі зразків гідравлічної рідини є зниження її термоокиснювальної стабільності вже через 380 годин нальоту, знижує хімотологічну надійність літака.

Таким чином, результати досліджень довели, що існуюча система контролю якості гідравлічних рідин науково не обґрунтована і не спроможна забезпечити сучасні високі вимоги до збереження експлуатаційної якості робочої рідини. У зв'язку з цим, необхідне наукове обґрунтування доцільності та періодичності визначення певних показників якості, та загальна оптимізація системи контролю якості гідравлічних рідин.

УДК 621.43+629.7+665.72

Морозов В. І., Бойченко С. В., Морозова І. В.
Національний авіаційний університет, Україна

ВПЛИВ ЕЛЕКТРОФІЗИЧНОЇ ДІЇ НА ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ ВУГЛЕВОДНЕВИХ ПАЛИВНО-МАСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

На сьогодні велике значення, при реалізації пріоритетних напрямів

енергозбереження в економіці України, здобуває підвищення ефективності використання нафтопродуктів і збільшення економічної ефективності енергетичних установок транспортних засобів і в теплоенергетиці.

Ефективність використання нафтопродуктів багато в чому визначається технологічним процесом їхнього виготовлення і застосуванням різних присадок, які поряд з позитивним впливом мають ряд істотних недоліків такі як: складність технологічного процесу виробництва, більша собівартість і, як правило, вузькоспецифічна спрямованість.

Проблеми економічності й токсичності роботи двигунів внутрішнього згоряння, промислових і побутових казанів, печей, дизель-генераторів безпосередньо пов'язані з якістю застосовуваних вуглеводневих пально-мастильних матеріалів (ПММ). У зв'язку із цим підвищення вимог до якості і поліпшення найважливіших експлуатаційних властивостей ПММ є актуальним і важливим науково-технічним завданням.

Раніше відзначалося, що одним зі шляхів поліпшення експлуатаційних властивостей палив і мастильних матеріалів є електрофізичний вплив (ЕФВ) на вуглеводні рідини.

Постановка завдання. Випробуваний пристрій заснований на способі електрофізичного впливу на пально-мастильні матеріали (а. с. № 693659, СРСР) і установці для його реалізації (а.с.№1126544, СРСР). Спосіб полягає в комплексному впливі постійних і змінного електромагнітного полів на ядра елементів, що мають магнітний момент (у цьому випадку рідина, із вмістом водню). У результаті цього відбувається резонансне поглинання енергії протонною системою рідини.

Сутність його полягає в тім, що технологічну рідину з певною швидкістю пропускають через пристрій ЕФВ, у якому створене постійне магнітне поле з відомими характеристиками і топографією поля, а також резонансне змінне електромагнітне поле. У результаті ЕФВ відбувається підвищення “енергозапасу” молекулярною системою рідини і за рахунок поглиненої електромагнітної енергії збільшується максимальна енергія U_{max} міжмолекулярної взаємодії при постійному числі молекул в асоційованому осциляторі.

Тому що енергія активації E_a є функцією максимальної енергії міжмолекулярної взаємодії U_{max} , те можна укласти, що енергія активації E_a убаває з ростом U_{max} при цьому створюються сприятливі умови для підготовки активованого комплексу до процесу згоряння. Іншими словами можна сказати, що електрофізичний вплив на вуглеводні рідини приводить до зменшення енергії активації E_a , необхідної для попереднього ослаблення або розриву внутрішніх зв'язків стабільної молекули з метою подальшого здійснення хімічної реакції горіння.

Величина енергії активації E_a впливає на період затримки запалення τ_i (ПЗЗ), що визначається по формулі Н.Н.Семенова

$$\tau_i = \frac{const}{A_{cm}} p^{-\nu} \exp\left(\frac{E_a}{RT}\right), \quad (1)$$

де A_{cm} – множник, що залежить від сполуки реагуючої суміші; p – тиск повітря в циліндрі; ν – сумарний порядок реакцій розгалуження; E_a – енергія активації; T –

температура реагуючої суміші.

З формули (1) треба, що після ЕФВ на вуглеводне паливо, при збереженні інших умов згоряння в циліндрі, період затримки запалення τ_i повинен зменшуватися, тому що E_a знижується. Це підтверджується результатами експериментів, проведених на установці ИДТ-69 з робочим об'ємом циліндра 652см^3 і змінним ступенем стиску (ДСТУ 3122-90). Показано, що цетанове число (ЦЧ) дизельного палива після впливу зросло на 2-3 одиниці. Варто мати на увазі, що τ_i сильно підданий флуктуаціям. Тривалості періоду затримки запалення τ_i , обмірювані в послідовних досвідах при однакових умовах швидкого стиску паливної суміші, виявляються різними, причому різниця у визначенні τ_i перевищує погрішність виміру, тобто τ_i є статистичною величиною.

При збільшенні ЦЧ період затримки запалення стає коротше, більш плавно наростає тиск $dp/d\phi$ і знижується його максимальне значення, збільшується частка палива, спаленого в другій фазі. Знижується питома витрата палива і зменшується зміст продуктів згоряння (CO , C_mH_n) у газах, що відроби́ли (ВГ) внаслідок збільшення швидкості згоряння у всіх фазах.

Швидкість хімічної реакції горіння по паливу в цей момент часу пропорційна добутку концентрації реагуючих (вихідних) речовин у той же момент часу

$$W_f = - \frac{dC_f}{d\tau} K_f C_f^{\nu_f} C_k^{\nu_k}, \quad (2)$$

де C_f , C_k – концентрація відповідно палива і кисню, τ – час; K_f – константа швидкості реакції; ν_f, ν_k – порядки реакції відповідно по паливу і кисню.

Залежність константи швидкості хімічної реакції виражається за законом Арреніуса

$$K_f = K_o \sqrt{T} \exp\left(-\frac{E_a}{RT}\right), \quad (3)$$

де K_o – коефіцієнт залежний від молярних мас речовини і розмірів реагуючих молекул.

Отже, при зменшенні енергії активації E_a , як наслідок ЕФВ на паливо, по рівняннях (2) і (3) швидкість реакції горіння по паливу W_f зростає.

На підставі проведених досліджень впливу електрофізичної дії на фізико-хімічні і експлуатаційні властивості палив і масел розроблене і виготовлений пристрій ЕФВ, що установлюється в паливну систему дизеля між паливним баком і паливо-насосом, що підкачує. При цьому через пристрій проходить все паливо, що подається до двигуна.

Рішення завдання. Проведено стендові випробування на дизелі КамАЗ-740 (зав. № 327422). Перед випробуванням виконані оптимальні регулювання системи харчування дизеля. Для виміру частоти обертання n колінчатого вала і крутного моменту M_e двигуна використовували електродинамічний навантажувальний стенд “Цельнер В-350АС” (ФРН); визначення витрати палива G_f здійснювали ваговим витратоміром Державтотрансндрі проект; димність (К%) ВГ – димоміром “Хартридж МК-3” (Великобританія); зміст оксидів азоту NO_x в ВГ – газоаналізатором ХЛ-01 і інше встановлювали.

Підготовку стенда й вимірювальної апаратури здійснювали відповідно до інструкцій по експлуатації заводів-виготовлювачів.

Вибір і обґрунтування режимів випробувань. З огляду на, що зміна якісних показників дизельного палива аналогічно впливає на показники роботи дизеля на різних частотах обертання колінчатого вала, для проведення випробувань обрані наступні режими:

- навантажувальна характеристика при частоті обертання колінчатого вала, що відповідає максимальному крутному моменту;

- мінімальна частота обертання на неодруженому ходу.

Вибір контрольованих параметрів. При проведенні стендових випробувань контролюються наступні параметри:

- частота обертання колінчастого валу двигуна, n_e , хв⁻¹; крутний момент двигуна, M_e , Нм; димність газів, що відробили, K , %; витрата палива, G_T , кг/год; зміст оксидів азоту в газах, що відробили, NO_x , млн⁻¹; температура газів, що відробили, t_{ac} , °C; температура охолоджуючої рідини, $t_{ож}$, °C; температура масла, t_m , °C; температура повітря в лабораторії, t_v , °C; атмосферний тиск, P_a , мм. рт. ст.; вологість повітря, %.

Вибір вимірювальної апаратури і обладнання.

Для виміру контрольованих параметрів обрані наступне досліджувальне обладнання і вимірювальна апаратура:

- електродинамічний навантажувальний стенд "Цельнер" В-350АС (ФРН), p_e , Ме; димомір "Хартридж" МК-3 (Великобританія), K ; газоаналізатор ХЛ-01, NO_x ; ваговий витратомір Державтотрансндрі проект, G_T ; термopара із приладом М- 64-02, $t_{вг}$; термopара із приладом МВУ, $t_{ож}$; термopара із приладом М-64, t_m .

Параметри атмосферного повітря вимірюються стандартними приладами, призначеними для цих цілей.

Програма випробувань.

Проведення оптимальних регулювань системи харчування дизеля.

Зняття вихідної навантажувальної характеристики дизеля на товарному паливі. Зняття параметрів дизеля при мінімальній частоті холостого ходу на товарному паливі. Зняття навантажувальної характеристики дизеля із пристроєм ЕФВ. Зняття параметрів при мінімальній частоті холостого ходу із пристроєм ЕФВ.

Підготовка випробувань.

Підготовка стенда й вимірювальної апаратури проводиться відповідно до інструкцій по експлуатації заводів-виготовлювачів.

Умови проведення стендових випробувань по зняттю навантажувальної характеристики дизеля відповідали вимогам ДСТУ – 14846-81. Наявне приладове встаткування забезпечувало наступні погрішності вимірів: крутний момент – $\pm 0,1$ Н·м, частоту обертання колінчастого вала – ± 1 мин⁻¹; часова витрата палива – 0,5%; димність ОГ – 2 %; зміст NO_x в ВГ – 20 %; температуру охолоджувальної рідини – $\pm 1^\circ C$.

Навантажувальну характеристику визначали при постійній частоті обертання колінчатого вала, рівної 1600 хв⁻¹, що відповідає максимальному крутному моменту, при зміні подачі палива до номінальної. Визначення навантажувальної характеристики робили на товарному дизельному паливі, виміри проводили не менш трьох разів.

Аналіз навантажувальних характеристик дизеля Камаз-740 показує, що

електрофізичний вплив на дизельне паливо поліпшує показники роботи дизеля. Так, максимальна потужність на режимі збільшилася з 103,0 до 104,6 кВт або на 1,6 % при однаковій годинній витраті палива (24,6 кг/ч).

Питома витрата палива дизелем при роботі із пристроєм ЕФВ у всьому діапазоні навантажень зменшився в середньому на 2,5 %.

При роботі двигуна на мінімальній частоті холостого ходу при однаковому її значенні (600 хв^{-1}) витрата палива із пристроєм ЕФВ знизився з 1,59 до 1,50 кг/год або на 5,6 %.

Найбільший ефект від використання пристрою ЕФВ виявився у визначенні змісту оксидів азоту в ВГ. Зменшення змісту NO_x склало в середньому 13,6 %, при цьому максимальне зниження склало 20 % і спостерігалось при навантаженні двигуна близько 75 % від максимальної. Відзначено деяке зниження димності ВГ дизеля.

Після проведення аналізу отриманих результатів і доробки досліджуваного пристрою для ЕФВ на паливо проведені аналогічні стендові випробування на дизелі “Original Mercedes Benz” (№585027) при частоті обертання колінчатого вала $n = 2500 \text{ хв}^{-1}$.

Установлено, що при включенні пристрою ЕФВ у паливну систему дизеля питома витрата палива зменшився на 4...5 % при постійній витраті повітря. Збідніння суміші внаслідок ЕФВ приводить до зниження викидів оксиду азоту NO й зменшення змісту продуктів неповного згоряння в ВГ – вуглеводнів C_mH_n у середньому на 20 % і оксиду вуглецю CO на 30...40%.

Максимальне значення, зниження димності K з 18 до 13, тобто на 28 % спостерігали при найбільшій потужності випробувань.

Проведено експлуатаційні випробування пристрою ЕФВ на дизельне паливо, установленого на автомобілі-самоскиді “Белаз-7519” вантажопідйомністю 110 т. і на автобусі “Ікарус-290”.

На підставі проведених порівняльних експлуатаційних випробувань установлено, що ЕФВ на дизельне паливо підвищує паливну економічність дизельного двигуна автосамоскида Белаз-7519 на 4–6% (зниження питомої витрати палива на 1 т(км)), а дизеля автобуса “Ікарус-280” на 6–8% (на 1 км пробігу).

Отриманий економічний ефект дозволяє зробити висновок про більше високу швидкість окислювання палив після ЕФВ. У двигунах внутрішнього згоряння швидкість наступних процесів окислювання випарованого палива істотно залежить від “хімічної передісторії” палива, тобто порівняно легко здійснюване ініціювання окислювання краплі палива служить способом регулювання самозапалювання палива у двигунах.

Більше інтенсивне зародження ланцюгів відбувається внаслідок реакції між попередньо збудженими протонами водню й розчиненим киснем, що досить добре корелюється з досвідченими даними по визначенню схильності рідких вуглеводнів до окислювання молекулярним киснем. Для перевірки цього припущення були проведені дослідження окислювання палива при підвищеній температурі з утворенням смол. Зміст фактичних смол визначали для вихідного товарного палива й для палива підданого ЕФВ. Вимір проводили через 60 і 120 minut після впливу (див. табл.).

№	v, див ⁻¹	D, оптична густина		%
		Вихідне паливо	Паливо після ЕФВ	
1	1026	0,336	0,307	8,6
2	1053	0,278	0,239	14
3	1068	0,278	0,263	5,4
4	1163	0,451	0,385	14,6

Цей результат дає можливість припустити перехід у сухий залишок сполук сірки після протікання палива через пристрій ЕФВ.

Висновок. Наведені вище результати випробувань дозволяють розглядати ЕФВ на вуглеводних паливах як момент інтенсивного формування “передісторії” горючої суміші, що визначає її реакційну здатність і істотно впливає на характер горіння палива у двигуні. Таким чином, впливаючи на вуглеводні рідини резонансним електрофізичним способом, можна здійснювати ефективне регулювання процесу горіння палива у двигуні транспортного засобу.

Відзначено можливість використання розробленого пристрою ЕФВ як фільтр тонкого очищення для видалення з палива смолистих сполук, окислів металів і інших ферро- і парамагнітних часток.

УДК 665.63 (043.2)

Глазков М. М., Бадах В. М., Нетреба В. П., Тарасенко Т. В.
Національний авіаційний університет, Україна

КАВІТАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ КОМПАУДОВАННЯ СУМІШЕВИХ ПАЛИВ

При кавітаційному витіканні в гідравлічних системах, якщо потік дроселюється зі значним перепадом тиску, виникає кавітація. Але можна вказати і на приклади використання цього явища для реалізації функції керування витратою рідини, генерування коливань тиску, для очищення, емульгування рідин, компаудовання сумішевих палив, інтенсифікації хімічних реакцій. Важливо зауважити, що корисна функція реалізується в кавітаційному пристрої наявним чином без запровадження допоміжних елементів.

Широкий діапазон технічного застосування кавітації обумовлений можливістю генерування пульсацій тиску в діапазоні 500–4000 Гц, які супроводжуються значними локальними механічними і температурними впливами. Кавітаційні генератори відрізняються простою конструкцією і не потребують особливих пристроїв для застосування їх в технологічних процесах.

Достатньо ефективним представляється використання гідродинамічної кавітації для емульгування і диспергування рідин, дроблення в ній механічних домішок, гомогенізації соків і молочних продуктів. Кавітаційні генератори відрізняються простотою конструкції і не потребують особливих пристроїв для включення їх в технологічні процеси.

Розрахунки кавітаційних характеристик потребують кількісної оцінки степені

розвитку кавітації в різних ситуаціях. В ідеальному випадку критерій для геометричних і динамічних подібних умов кавітації дає оцінку степені розвитку процесу незалежно від інших умов (числа Рейнольда, Струхаля і т.д.). В дійсності характер і інтенсивність кавітації залежить від великого числа факторів , вплив яких складний і до кінця не вивчений. Критерій кавітації являється складною функцією багатьох змінних. Існуючі критерії не мають універсального характеру , але дозволяють в першому наближенні оцінити ступінь розвитку і динаміку процесу. Їх застосування з врахуванням відомих обмежень не визиває затруднень в інженерній практиці.

Критерій кавітації – число кавітації – прийнято розраховувати по формулі:

$$\sigma = \frac{2(P_{вих} - P_p)}{\rho v^2}; \quad (1)$$

$P_{вих}$ – статичний тиск на виході; P_p – тиск насичених парів рідини; ρ – густина рідини; v – швидкість руху рідини в стисненому перерізі потоку.

Рівняння (1) представлено в універсальному вигляді. Воно природно для аналізу задач як зовнішнього обтікання , так і внутрішніх течій в гідравлічній апаратурі. Для умов високонапорного дроселювання рівняння (1) конкретизується наступним чином. Тиск насичених парів рідини P_p замінимо на критичний тиск – поріг кавітації $P_{кав}$. Чисельник рівняння (1) представляє собою тиск за зоною кавітації, під дією якого замикаються каверни. Знаменник слідує розглядати як динамічний тиск, який створює кавітацію. Замінивши в рівнянні (1) динамічний тиск на тиск входу в дросельний канал, отримаємо:

$$\frac{\rho v^2}{2} = \frac{\rho}{2} \left(\sqrt{\left(\frac{2}{\rho} P_{ex} \right)^2} \right) \quad (2)$$

або

$$\sigma = \frac{P_{вих} - P_{кав}}{P_{ex}} = \frac{P_{вих}}{P_{ex}} - \frac{P_{кав}}{P_{ex}} .$$

Для напорних ліній гідропроводів відношення $\frac{P_{кав}}{P_{ex}}$ рівняння (2) являє собою малу величину. Наприклад, при використанні в якості робочої рідини АМГ –10 величина порогу кавітації при температурі 50°C не перевищує 500 Па, в той час як тиск входу складає десятки МПа. Припускаючи, що $\frac{P_{кав}}{P_{ex}} \approx 0$ отримаємо

$$\sigma = \frac{P_{вих}}{P_{ex}} = \bar{P} .$$

Таким чином, в якості критерія кавітації для випадку високо напірного витікання може бути використане значення безрозмірного протитиску за дросельним пристроєм. Це вигідніше універсального критерія σ , оскільки протитиск в долях тиску входу розраховується простіше, ніж динамічний тиск. Тиск входу можна записати у вигляді $P_{ex} = \Delta P + P_{вих}$ або , після ділення на $P_{вих}$,

отримаємо
$$\frac{\Delta P}{P_{\text{вх}}} + \frac{P_{\text{вих}}}{P_{\text{вх}}} = \overline{\Delta P} + \overline{P} = 1.$$

Таким чином, безрозмірні противотиски і перепад тиску в сумі дорівнюють безрозмірному тиску входу.

Для умов витікання в момент зародження кавітації критерії приймають критичне значення: $\overline{\Delta P}_{\text{кр}} = 1 - \overline{\Delta P}_{\text{кр}}$.

Якщо критичне значення потивотиску $\overline{P}$ велике, то кавітація малоімовірна. При зменшенні потивотиску до нуля можливість кавітації збільшується. Конкретні значення критичних параметрів залежать від геометрії дросельного каналу, роду рідини, числа Рейнольда і умов дроселювання. Значення $\overline{P}$ слід назначати з запасом, враховуючи не ті режими функціонування системи.

Умовами виникнення кавітації являється зниження тиску до критичної величини – тиску порогу кавітації. Зниження тиску може мати локальний характер, як, наприклад, в дросельних каналах, або охоплювати весь потік рідини як у випадку всмоктувального трубопроводу гідралічної системи. Можна виділити наступні основні причини кавітації в потоці рідини: викривлення ліній току, струйні течії з утворюванням вихрових каверн, а також падіння тиску, яке обумовлене діями гідралічних пристроїв.

У місці викривлення потоку руслом виникає можливість зниження статичного тиску. Тиск знижується тим сильніше, чим вище швидкість течії.

Викривлення ліній току являється тільки можливим фактором для виникнення кавітації. Критичні умови досягаються по мірі зниження в стисненому перерізі потоку тиску порогу кавітації.

Якщо потік рухається через насадок – швидкість зростає. Збільшення динамічного тиску знижує статичний тиск. Перерозподіл енергії описується рівнянням Бернуллі. За насадком тиск збільшується. Каверни переміщуються з основним струменем рідини. Приєднані каверни виникають в режимі суперкавітації.

Розподіл тиску в циліндричних насадках має аналогічний характер. Кавітація, яка переміщується виникає за зоною стиснутого перерізу потоку. Приєднані каверни осідають за гострими входними кромками дросельного каналу.

При функціонуванні гідралічних машин і пристроїв в стаціонарних і перехідних режимах виникають додаткові джерела кавітації. Зниження тиску в потоці може бути викликано діями насоса або гідромотору по наступним причинам: із-за гідралічних втрат тертя і інерційних втрат лінії підводу; Раптове відкриття клапану або розподільника в початковий момент часу до опреовки об'єму рідини, що заповнюється і супроводжується виотком рідини з великим перепадом тиску, що дорівнює тиску живлення.

При пошуку нових технологій, пов'язаних з використанням кавітаційних струменів одна з першочергових задач поставлена в отриманні коливань визначеної частоти і інтенсивності від того на скільки вдало вирішено ці питання в більшій мірі залежить ефективність нової технології. Основним елементом в отриманні коливань при кавітаційній обробці являються насадки, що працюють в кавітаційному режимі – “кавітаційні генератори”. По простоті виконання і конструкції ці пристрої можна порівняти хіба що з англійською шпилькою.

Геометрія кавітаційного генератора дуже проста – короткий циліндричний канал, або канал конфузорно-дифузорного типу.

По формі енергії, що підводиться кавітаційні насадки – типові гідравлічні пристрої, оскільки вони використовують енергію тиску потоку рідини, що витікає. На виході в цих пристроях використовується не тільки кінетична енергія струменю, але і головним чином енергія коливань тиску рідини. Кавітаційний насадок таким чином може бути класифікований як функціональний перетворювач, на вхід якому подається гідравлічна енергія, а на виході знімається енергія хвиль пульсуючого тиску рідини.

Як критерій оцінки інтенсивності механічної дії генераторів кавітаційних пульсацій було вибрано розмах коливань тиску за насадком.

В результаті досліджень для двох типів насадків (циліндричного і конфузорно-дифузорного) були отримані експериментальні залежності інтенсивності коливань тиску від таких параметрів потоку, як перепад тиску, температура робочої рідини і ступінь її насичення розчиненим повітрям.

Із аналізу отриманих результатів витікає, що максимум пульсацій тиску не співпадає з максимумом енергії, який має потік рідини. Механізм генерування пульсацій тиску базується на моделі дискретного струменю. Структура потоку в зоні кавітації являє собою стохастичну зміну ділянок струменю з кавернами і без них. Для даних умов кавітаційного витікання швидкість потоку в зоні кавітації залежить від ступеня розвитку кавітації і від гідродинамічних характеристик каналу. В зоні кавітації струмінь прискорюється за рахунок виникнення в ній каверн. Відповідно, співвідношення

$$\frac{Q_{\text{кав}}}{Q_p} = \frac{\varepsilon}{\sqrt{\mu}} \sqrt{\frac{\Delta \bar{p} - \Delta \bar{p}_{кр}}{\Delta \bar{p}_{кр}}}$$

відображує картину пульсацій миттєвих значень дійсної витрати рідини в кавітаційному полі.

При підході кавітаційного струменю до перерізу, де відновлюється суцільність течії, має місце раптове гальмування рідини. Імпульсне гальмування породжує пульсацію тиску. В різні періоди часу в гальмуванні беруть участь об'єми кавітаційного струменю різної наповненості. Якщо в перерізі в даний момент часу каверни немає, то імпульс буде потужним. Якщо в перерізі є каверна, що утворює в об'ємі дефіцит маси, то кількість руху при гальмуванні буде менше і менше пульсація тиску. Таким чином при проходженні каверни через зону гальмування імпульсна дія кавітаційного струменю на загальмований потік ослабляється. Періодичне гальмування потоку переривається процесом його ущільнення. Імпульс механічної дії струменю на загальмований потік в ці проміжки часу зменшується.

Потік в перерізі за кавітаційною зоною різко загальмовується, що, враховуючи дискретність струменю, породжує пульсації тиску. Доля каверн в потоці наростає по мірі збільшення тиску живлення і витрати. При цьому спостерігається розгін струменю, що приводить до потоншення його нерозривного ядра і підвищенню долі парогазової фази в живому перерізі потоку.

Важливою особливістю запропонованої моделі являється можливість оцінити газовиділення із потоку за зоною кавітації, а також врахувати газо-вміст рідини на

вході в дросельний канал.

При пошуку нових технологій, пов'язаних з застосуванням кавітаційних струменів, одна із першочергових задач полягає в отриманні коливань визначеної частоти і інтенсивності. Від того, наскільки вдало вирішено ці питання, залежить ефективність нової технології. Основними елементами в отриманні коливань тиску при кавітаційній обробці являються насадки, що працюють в кавітаційному режимі. По формі енергії, що підводиться до насадка – кавітаційні насадки типові гідравлічні пристрої, оскільки вони використовують енергію тиску потоку рідини, що витікає. На виході цих пристроїв використовується не тільки кінетична енергія струменю, але і головним чином енергія коливань тиску рідини. Кавітаційний насадок таким чином може бути класифіковано як функціональний перетворювач, на вхід якому подається гідравлічна енергія, а на виході знімається енергія хвиль тиску рідини, що пульсує.

Кавітаційні генератори являються основними елементами пристроїв для компаудовання сумішевих палив, емульгування і диспергування технологічних сумішей, тобто змішування двох чи кількох масел, видів палива, щоб одержати спеціальні продукти заданих якостей. Рациональна геометрія генераторів при забезпеченні відповідних параметрів дроселювання дозволяє досягнути потрібного рівня гомогенності потоку.

УДК.66.067.32(043.3)

Пузік С. О., Манзій В. С., Гвоздецький А. В., Плєскач Г. Л.
Національний авіаційний університет, Україна

УЗАГАЛЬНЕНИЙ АНАЛІЗ ОЧИЩЕННЯ АВІАЦІЙНИХ ПАЛИВ ВІД ЗАБРУДНЕНЬ У ГРАВІТАЦІЙНИХ ОЧИСНИКАХ

Як відомо, техніка очищення палив від забруднень розвивається в основному у трьох напрямках:

1. Створення фільтрів багаторазового використання із міцних матеріалів, які не однократно можна промивати (регенерувати); розробка методів і засобів, що дозволяють здійснити більш повну регенерацію фільтроелементів бортових фільтрів рідинних систем повітряних суден.

2. Розробка фільтроелементів разового використання з найдешевших матеріалів (папір, тканина, штучні і натуральні волокна), які забезпечують економічно доцільну техніку отримання чистої рідини. Цей напрям на разі домінує в наземних засобах фільтрації авіа палив.

3. Очищення палив в силових полях. Залежно від природи силового поля існують наступні типи очисників: гравітаційні, відцентрові, магнітні й електричні. Силіві очисники мають низку переваг порівняно з традиційними фільтрами, а саме, велику трудомісткість, малий гідравлічний опір, відсутність змінних фільтроелементів.

Простішим і раціональнішим є спосіб очистки гравітаційним полем Землі.

Найрозповсюдженішим гравітаційним відстійником є резервуар для зберігання пально-мастильних матеріалів (ПММ), обладнаний плаваючим

паливозабірником, що здійснює забір палива з його верхніх шарів.

Менш розповсюджені гравітаційні очисники (ГО) періодичної дії, що представляють собою циліндричний корпус з конічним днищем із спускним краном, через який видаляється бруд і вода.

Гарно зарекомендували себе прилади безперервної дії, в яких відстоювання відбувається в рухомій рідині.

Повне осаджування частинок забруднення можливе за умови: час перебування палив в ГО більший чи рівний часу осаджування частинок забруднення:

Час перебування (проходження) палива в таких ГО (через ГО):

$$\tau_n = \frac{V}{Q} = \frac{a \cdot b \cdot h}{Q},$$

де V – об'єм ГО, м^3 ;

Q – об'ємна подача палива, $\text{м}^3/\text{год}$

a, b, h – відповідно довжина, ширина, висота ГО, м.

Час осаджування частинок забруднення в ГО:

де $V_{\text{ос}}$ – швидкість осаджування частинок забруднення

Отримуємо

$$\frac{a \cdot b \cdot h}{Q} \geq \frac{h}{V} \text{ або } Q \leq a \cdot b \cdot V$$

З формули маємо, що об'ємна подача палива через ГО пропорційна площі осаджування і не залежить від висоти рівня палива (h) в ГО. Ця закономірність в різних літературних джерелах названа умовою працездатності ГО і є основою їх конструкцій.

Відштовхуючись від вищесказаного можна зробити висновок про доцільність проектування і застосування багатоярусних ГО, у яких площа осаджування рівна площі всіх ярусів.

Але і вони мають деякі недоліки:

- великі габаритні розміри і вагу;
- невисоку тонкість очистки, особливо при очищенні ПММ великої в'язкості;
- мала продуктивність;
- застосування гравітаційних очисників на мобільних машинах ускладнено.

Огляд наукової інформації з даного питання дозволив виділити два основних напрями вдосконалення конструкцій гравітаційних очисників:

- підвищення стійкості потоку палива;
- відстоювання в тонкому шарі, тобто багатоярусні гравітаційні очисники з великою площею осаджування.

Перший напрям пов'язаний з удосконаленням традиційних конструкцій гравітаційних очисників, як от: встановлення заспокійливих решіток і приладів для руйнування струменя рідини, встановлення зигованих вставок, проміжкових дірявих перегородок і т.д. Така модернізація дозволяє незначно (1,5 раза) підвищити продуктивність гравітаційних очисників.

Другий напрям – створення принципово нової конструкції тонкошарових гравітаційних очисників.

Габарити тонкошарових гравітаційних очисників у порівнянні з іншими типами гравітаційних очисників значно менші, що дозволяє встановлювати і використовувати їх в цехах ремонтних заводів для очищення технологічних рідин в стендах промивки, перевірки і регулювання натурних агрегатів паливних, масляних і гідравлічних систем ПС, тобто встановлювати в закритих приміщеннях. Це в свою чергу підвищує ефективність очищення, так як відомо, що при більш високих і стабільних температурах цей процес протікає краще.

Велика трудомісткість, малий гідравлічний опір і енерговитрати, простота конструкції гравітаційного очисника, відсутність комплектуючого обладнання, недифіцитні матеріалів, застосовуваних для виготовлення, роблять їх конкурентнопридатними з іншими силовими очисниками для грубого очищення.

Таким чином, з двох основних напрямків удосконалення конструкцій гравітаційних очисників перевагу було надано другому – очищенню в тонкому шарі, тобто багатоярусному ГО з великою площею осаджування.

Мета роботи – з'ясувати наскільки всебічно досліджено процес очищення рідин в гравітаційному полі Землі.

Інженерна практика зацікавлена у створенні методів розрахунків таких пристроїв з метою вибору їх оптимальних типорозмірів та можливої продуктивності.

А для цього необхідно вміти розраховувати необхідні геометричні параметри, які повинні забезпечувати необхідний ступінь очищення, продуктивність і разом з тим, щоб такі пристрої були технологічними як у виготовленні так і в експлуатації. Під час численних досліджень виконавці спинилися на трьох варіантах пристроїв: гравітаційному очисникові безперервної дії (рис. 1а), очисникові інерційного типу (рис. 1б) та сепараторі (рис. 1в), де стрілками позначені вхід та вихід рідини.

При розрахунках враховувались сили, діючі на частинки забруднення: $G=mg$ - вага, F_A –архімедова, F_c – стоксівська сила (для схеми рис. 1а) і F_n^{in} – відцентрована сила інерції (для схеми рис. 1б) а для схеми рис. 1в ще й F_c^{in} – переносна сила інерції та F_c^{in} – коріолісова сила інерції.

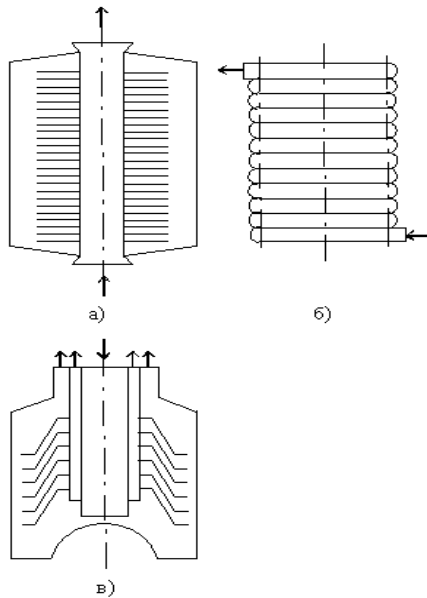


Рис.1. Схеми основних типів гравітаційних очисників

Окрім того, в деяких дослідженнях враховувались ще й сили тертя $F_{\text{тер}}^{\text{ковз.}}$ — ковзання та $F_{\text{н}}^{\text{коч.}}$ — кочення.

Під час досліджень визначались основні геометричні розміри, продуктивність, можливість та кількісна оцінка коагуляції в очисниках, процеси змиву та зчеплення частинок забруднення, товщина шару забруднень, що осіли, траєкторії частинок забруднення, відносний рух частинок забруднення, вплив кута нахилу осаджувальних пластин.

Більшість досліджень проводилась за допомогою диференційних рівнянь відносного руху частинок забруднення. Розрахунок коагуляції проводився за допомогою константи гравітаційної коагуляції.

При дослідженнях розглядались частинки забруднень як кульки діаметрів 0,001; 0,002; 0,005; 0,01; 0,02 (сантиметрів).

Висновки

1. На погляд авторів, процеси очищення від забруднення в очищувачах, схеми яких наведені на рис. 1, досліджені всебічно.

2. На черзі проблема очищення елементів самих очисників шляхом їх регенерації. В цьому напрямку успішно проводяться аналітичні дослідження, зокрема для очисників, схеми яких наведені на рис. 1а та 1б.

3. Більш докладно з дослідженнями з очищення від забруднень за допомогою гравітаційних очисників можна познайомитись з джерелами, наведеними в списку літератури.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДОБАВОК ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ ВЫХОДА СВЕТЛЫХ НЕФТЕПРОДУКТОВ В ПЕРВИЧНЫХ ПРОЦЕССАХ ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТИ

Существующие первичные процессы переработки нефти не обеспечивают глубокого выделения топливных фракций (бензин, керосин, дизельное топливо) в первичных процессах переработки нефти. Они не позволяют использовать природный потенциал сырой нефти и снижают экономические показатели процессов нефтепереработки. Обычно в мазутах остаётся до 8–10% светлых топливных нефтепродуктов.

Повышение выхода светлых нефтепродуктов может быть достигнуто за счёт вакуумных технологий. Вместе с тем это энергоёмко, сложно и требует существенных затрат.

Ранее нами было показано, что применение нелетучих добавок к углеводородным средам способно оказывать существенное влияние на такой показатель, как давление насыщенного пара ($P_{\text{нас}}$). Этот эффект может носить как положительный характер, обусловленный увеличением $R_{\text{нас}}$, так и отрицательный, вызванный снижением $R_{\text{нас}}$. Показано так же, что характер наблюдаемых явлений определяется природой и составом углеводородной среды и той добавки, которую в неё вводят, а так же характером межмолекулярных взаимодействий в их растворах.

Положительный эффект, связанный с ростом $R_{\text{нас}}$, создаёт возможность для снижения температур кипения и улучшения и облегчения разделения углеводородов при их расфракционировании из сложных природных систем, примером которых является нефть. Наша работа посвящена вопросу направленного создания таких эффективных добавок.

Для исследования влияния добавок на $R_{\text{нас}}$ использовались индивидуальные углеводороды, их смеси, а так же нефтепродукты и исходная нефть и углеводородорастворимые нелетучие добавки в концентрациях 0,01–0,1 %.

Наши исследования на примере индивидуальных углеводородов показали, что положительное отклонение от закона Рауля наблюдается в тех случаях, когда энергия межмолекулярных взаимодействий молекул добавки с молекулами углеводородной среды меньше, чем между молекулами углеводородов и молекулами самой добавки. В этом случае увеличивается диссоциация ассоциированных между собой молекул углеводородной фазы, что приводит к повышению её летучести. И, как следствие, снижается теплота испарения углеводородов и облегчается процесс их выкипания. При этом уменьшается поверхностное натяжение и увеличивается давление насыщенного пара.

Для исследования влияния добавок на давление насыщенного пара углеводородов была разработана установка, схема которой представлена на рис. 1.

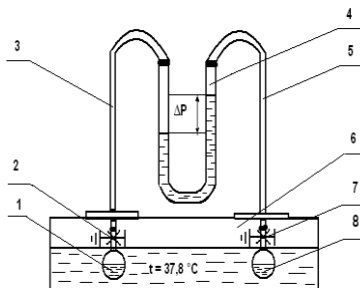


Рис. 1. Схема установки для измерения разницы между давлением насыщенного пара чистого углеводорода и углеводорода с добавкой: 1, 8 – ячейки с чистым углеводородом и углеводородом с добавкой; 2, 7 – стеклянные краны; 6 – термостат; 4 – дифманометр; 5 – трубки из толстостенной вакуумной резины.

К водяному дифференциальному манометру 4 с помощью трубок 3 и 5 из толстостенной вакуумной резины с кранами 2 и 7 на свободных концах присоединены две одинаковые ячейки 1 и 8. Дифманометр 4 представляет собой U-образную стеклянную трубку, заполненную подкрашенной дистиллированной водой. Один конец U-образной трубки соединён с ячейкой 1, заполненной индивидуальным углеводородом, второй – с ячейкой 8, в которой содержится такой же углеводород, но с введенной добавкой.

Разница уровней воды в стеклянных трубках манометра показывает избыточное давление той или иной жидкости:

$$\Delta P = P_1 - P_2,$$

где: P_1 , P_2 – давления, создаваемое пробами в первой и второй ячейках соответственно, мм в. ст.

Постоянная температура окружающей среды при испытаниях обеспечивалась водяным термостатом и была 20 °С.

Ячейки с пробами выдерживали в термостате до постоянного значения высот столбцов воды в дифманометре. Это свидетельствовало об установлении динамического равновесия между жидкими углеводородами и их парами. Перед каждым новым измерением воздушную часть измерительной системы тщательно просушивали и продували воздухом от остатков пара и жидкости. Измерительные ячейки ополаскивали перед использованием два-три раза испытуемым углеводородом. Параметром, по которому определяли влияние исследуемых добавок, была разница высот столбцов рабочей жидкости дифманометра (дистиллированной воды), что характеризовало разницу давлений насыщенного пара исследуемых проб. Таким способом при помощи такой методики определяли не абсолютные значения давлений насыщенного пара, а её разницу. Такая методика позволяла определять эффективность действия добавок на изменение давления насыщенного пара.

Экспериментальная установка позволяла определять увеличение $P_{нас.}$ при

введении добавки по сравнению с чистым углеводородом в одних и тех же условиях в состоянии равновесия системы.

На рис. 2 представлены графики влияния концентрации добавки на $R_{нас}$. гексана и соответствующее влияние её на температуру кипения ($T_{кип.}$) чистого гексана и гексана с добавкой определялось с помощью чувствительной измерительной системы на основе термопары и соответствующей компьютерной программы и регистрации получаемых данных. Из рисунка видно чёткий антибатный характер зависимости увеличения $R_{нас.}$ и соответствующего снижения $T_{кип.}$ от концентрации добавки. И эти зависимости носят экстремальный характер.

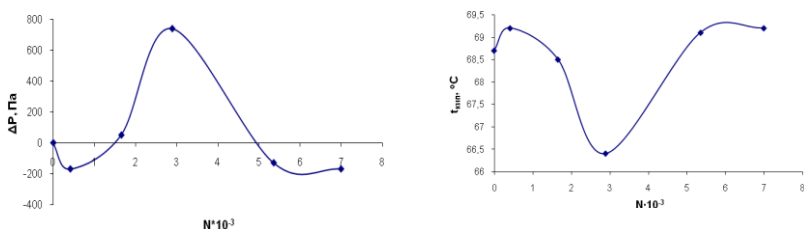


Рис.2 Зависимость давления насыщенного пара и температуры кипения гексана от концентрации добавки.

Кроме того, нами установлено, что введение добавки интенсифицирует процессы нагрева и теплообмена при перегонки углеводородов.

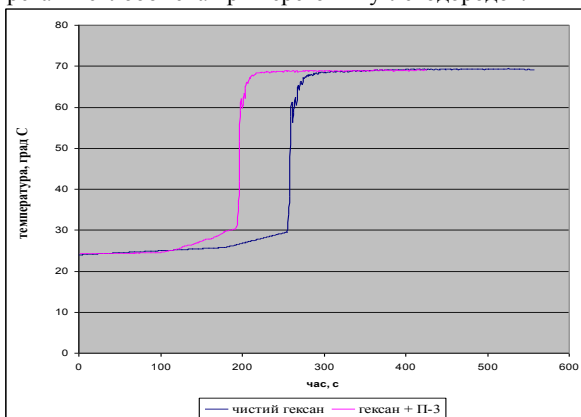


Рис. 3. Временные кривые перегонки: 1 – чистого гексана; 2 – с добавкой .

На рис. 3 представлены временные зависимости процесса перегонки гексана без добавки и с добавкой. Из рисунка видно, что закипание гексана с добавкой происходит значительно быстрее, чем чистого гексана. Разница составляет около 70 с. Уменьшение времени, необходимого для закипания гексана, модифицированного добавкой объясняется снижением межмолекулярных сил в

углеводородной среде вследствие действия добавки. Снижение времени закипания гексана, в одних и тех же термодинамических условиях, и уменьшение $T_{\text{кип}}$ является следствием увеличения $P_{\text{нас}}$ и снижения поверхностного натяжения углеводородной системы за счёт ввода добавки. Более сильное влияние добавки наблюдалось на более высококипящие компоненты сложной углеводородной смеси, которую представляет собой бензин марки А-76. На рис. 4 представлены кривые перегонки чистого бензина марки А-76 и бензина с добавкой.

Как видно из рисунка преобладающее влияние добавка имеет на выкомоллекулярные углеводороды, выкипающие в конечной стадии перегонки. Полученные результаты позволяют констатировать, что введение небольшого количества добавки в товарные бензины могут существенно повлиять на их эксплуатационные характеристики. В частности на $P_{\text{нас}}$ отдельных компонентов углеводородной бензиновой смеси, а так же на состав паров. Регулируя состав пара, можно существенно повлиять на такие важные показатели работы двигателя, как холодный запуск, стабильность холостого хода, полнота сгорания.

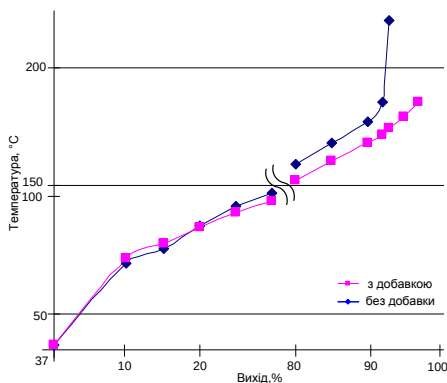


Рис.4. Кривые перегонки бензина А-76 с добавкой и без добавки.

Кривые перегонки нефти в присутствии добавки и без неё представлены на рис.5.

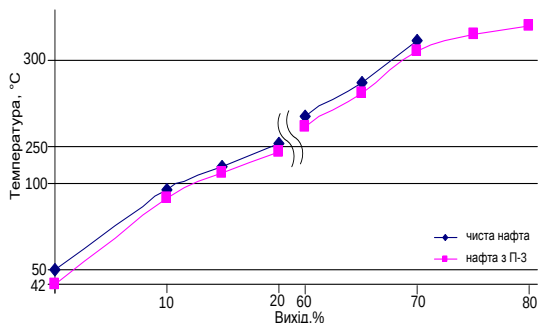


Рис 5. Кривые перегонки нефти с добавкою и без неё.

Следует отметить, что в составе нефти кроме углеводородов разной молекулярной массы, входят так же соединения другой природы, в частности поверхностно-активные вещества, смолы, а так же металлоорганические соединения. Это усложняет интерпретацию результатов и не позволяет полностью применить к нефти выводы, полученные при исследовании других углеводородных смесей. Как видно из рис. 5 наибольшее влияние добавка имеет на начало кипения и на суммарный выход светлых нефтепродуктов. Снижение температуры начала кипения довольно ощутимое, порядка 9°C. Так же значительно увеличивается выход светлых нефтепродуктов, до 10%. При достижении температуры перегонки 311°C без добавки перегонка нефти прекращается, что может быть обусловлено значительным межмолекулярным взаимодействием оставшихся углеводородных фракций и большим поверхностным натяжением на границе раздела фаз жидкость-пар. Это приводит к снижению давления насыщенного пара. Без добавки увеличить давление насыщенного пара до значения, достаточного для продолжения процесса дистилляции, можно только поднимая температуру больше 320°C. Но в этом случае начинаются процессы крекинга углеводородов, что неприемлемо с точки зрения правильного проведения технологических процессов первичной перегонки нефти.

Анализируя вышеприведенные результаты, можно сделать заключение, что летучие добавки могут существенно повлиять на ход расфракционирования углеводородных жидкостей. Причём характер их воздействия сохраняется как в случае чистых углеводородов, так и в случае реальных нефтепродуктов и нефти. Эффект добавки проявляется в таких параметрах перегонки, как: снижение температуры начала кипения, ускорение процесса дистилляции при одних и тех же термодинамических условиях, снижение температуры конца кипения и увеличение отбора светлых фракций в случае перегонки нефти. Вышеперечисленные результаты можно получить при достижении условий положительного отклонения от закона Рауля. При этом энергия межмолекулярных взаимодействий молекул добавки с молекулами углеводородной среды меньше, чем между молекулами углеводородов и молекулами самой добавки. В этом случае увеличивается диссоциация ассоциированных между собой молекул углеводородной фазы, что и приводит к повышению её летучести.

УДК 621. 891.539.375

Аксёнов О. Ф., Стельмах О. У.
Національний авіаційний університет, Україна

СПАДОК ПРОФЕСОРА Б.І. КОСТЕЦЬКОГО У СУЧАСНІЙ НАНОТРИБОЛОГІЇ

У 60-і роки минулого сторіччя професор Б. І. Костецький та його учні на базі Київського інституту цивільного повітряного флоту створили наукову школу трибології. Особлива увага приділялась вивченню та дослідженню процесів тертя та зношування в середовищах розроблюваних у той час нових авіаційних паливно-

мастильних матеріалів, гідравлічних та спеціальних рідин для нової авіаційної реактивної техніки. Зусиллями колективу, очолюваного Б. І. Костецьким, проводились фундаментальні дослідження трибосистем, працюючих в умовах граничного змащування низькомолекулярними вуглеводневими рідинами. Була визначена чітка класифікація процесу зношування за трибохімічними ознаками, в якій вагоме місце займає теорія окислювального зношування, яка стала підґрунтям для виникнення та розвитку низки нових самостійних наукових напрямків дослідження трибосистем. Зокрема, член-кореспондент НАН України Голего М. Л., уже зі своїми учнями, виконали ряд фундаментальних досліджень по визначенню основних видів пошкоджень поверхонь тертя та видів схоплювання, що особливо актуально для авіаційної техніки.

Класифікація видів зношування Костецького Б. І. була покладена в основу таких напрямків: дослідження фретинг-корозії трибосистем очолював професор Аляб'єв А. Я.; розробка методів отримання альтернативних палив, зокрема трибогенератор водню, очолював професор Белянський В. П.; розробка методів та засобів досліджень трибосистем, працюючих в умовах граничного змащування, очолювали с.н.с. Шепель А. Я., с.н.с. Хлистун Л. П. Вагомий внесок у розвиток трибології та трибохімії зробили професор Терьохін В. І., професор Літвінов О. О., професор Козаченко О. І., доцент Бородін О. Є., доцент Некіпелов Ю. Г. та ін.

У теперішній час в НАУ організована науково-дослідна лабораторія нанотриботехнологій, в якій проводяться дослідження процесів формування вторинних структур в залежності від наногеомерії поверхонь, властивостей матеріалів поверхонь та властивостей рідкого середовища. Науковий керівник д.т.н., проф. Аксьонов О. Ф., відповідальний виконавець к.т.н. Стельмах О. У., наукові співробітники Сидоренко О. Ю., Костюнік Р. Є., Куцев О. В., Маніта С. Л., Горенко М. В., Бондар В. С., Ковальчук О. Г., Круглик А. П. Колектив у такому складі виконує поточні бюджетні, госпдоговірні та пошукові науково-дослідні роботи: розробка та створення нового науково-дослідницького обладнання, нових машин тертя, методик випробувань, допоміжного обладнання; металографічні, рентгеноструктурні, профілографічні дослідження поверхонь тертя на сучасному обладнанні (растровий електронний мікроскоп РЕМ-106І, лазерний скануючий профілограф-профілометр ЛСМ); поточні випробування ПММ на створеному вимірювально-аналітичному комплексі НАУ-01 з наповненням банку даних; дослідження компресійно-вакуумного механізму тертя та закономірностей мікрогідродинамічних контактних процесів; - автоматизовані системи контролю вимірюваних параметрів та управління складними електромеханічними системам (дизельні двигуни УТД-20 та В-6, машини тертя з постійними контактними напруженнями та ін.); розробка та створення плотера-сканера для формування 3D-поверхонь високої трибологічної якості; розробка методик дослідження 3D-поверхонь та модифікація безконтактного лазерного скануючого диференційно-фазового профілографа-профілометра ЛСМ.

ТРИБОЛОГІЧНИЙ ВИМІРЮВАЛЬНО-АНАЛІТИЧНИЙ КОМПЛЕКС НАУ-01

Працездатність та функціональна надійність вузлів і механізмів, як наземної, так і авіаційної техніки насамперед залежить від експлуатаційних властивостей мастильних матеріалів та конструкційних матеріалів деталей трибосистем. Крім цього конструювання, удосконалення та створення нових високоефективних триботехнічних матеріалів тісно пов'язані з постійним удосконаленням методів та засобів оцінки якості вихідних трибо- характеристик цих матеріалів. Тому розробка раціональних етапів випробувань являється одним з необхідних умов оптимізації і підбору матеріалу контактуючих деталей пар тертя та мастильного середовища, в якому вони працюють.

Багаторічні лабораторні дослідження процесів, що відбуваються у контактній та навіколоконтактній зонах при терті в умовах граничного змашування, дали змогу спроектувати, розробити та створити трибологічний вимірювально-аналітичний комплекс НАУ-01 (патент на корисну модель №38141), що включає в себе:

- машину тертя АСК-01, яка має високу відтворюваність результатів випробувань протизносних і антифрикційних характеристик трибосистем з урахуванням утворення вторинних структур на робочих поверхнях, а також можливість регулювання та контролю радіальних відхилень в певних межах, що дає змогу моделювати умови реальних вузлів тертя в лабораторних умовах. Три ступені свободи лінійного контакту при терті по плоскому зразку контрзразка циліндричної форми забезпечує коректне вимірювання сили тертя, не порушуючи контакт при відхиленнях чутливого елементу;

- лазерний скануючий диференційно-фазовий профілограф-профілометр ЛСМ призначений для дослідження рельєфу поверхні у відбитому світлі (прилад забезпечує чутливість по профілю 1нм);

- технологію фінішного доведення випробувальних зразків з метою створення оптимальної 3D-конфігурації шорсткості робочих поверхонь для даних умов тертя;

- багатоступеневі методики лабораторних випробувань, що дозволяє рівномірно поетапно утворювати вторинні структури на робочих поверхнях шляхом їх тертя у випробувальному середовищі та оцінювати їх за протизносними й антифрикційними властивостями; проводити моніторинг якості мастильних матеріалів та присадок до них за їх трибологічними властивостями і прогнозувати в лабораторних умовах тертя та зношування робочих поверхонь трибовузлів під час їх експлуатації шляхом лабораторних багатоступеневих випробувань;

- растровий електронний мікроскоп РЕМ-106И для дослідження фізико-хімічної механіки утворення вторинних структур при терті в умовах граничного змашування із залученням сучасних методів спектрального і рентгеноструктурного аналізу.

Проведення досліджень на лабораторному трибологічному вимірювально-

аналітичному комплексі НАУ-01 дозволили сформувати електронний банк даних трибохарактеристик паливно-мастильних матеріалів і присадок до них, що є предметом укладення госпдоговорів з підприємствами-виробниками та споживачами товарних мастильних матеріалів для ідентифікації за їх трибологічними властивостями.

УДК 621.891.539.375

Стельмах О. У.

Національний авіаційний університет, Україна

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА АПРОБАЦІЯ ПІДТВЕРДЖЕННЯ ГІПОТЕЗИ КОМПРЕСИЙНО-ВАКУУМНОЇ ПРИРОДИ ТЕРТЯ ТА ДЕФОРМАЦІЙНИХ МЕХАНІЗМІВ ЗНОШУВАННЯ В УМОВАХ ГРАНИЧНОГО ЗМАЩУВАННЯ

Встановлено виникнення градієнту тисків у середовищі з двох сторін контакту трибосистеми ковзання типу «вал – втулка», причому при входженні вала в контакт тиск зростає, а при виході з нього – падає відносно атмосферного тиску. Ці перепади тиску призводять до виникнення струминних течій середовища проти напрямку обертання вала.

Показано, що зі збільшенням осьового навантаження, швидкості ковзання та в'язкості середовища зростає ступінь стиснення «на вході в контакт» і ступінь розрідження «на виході з контакту». Ці області підвищеного та зниженого тиску середовища є симетричними відносно максимальних контактних напружень, що перевищують довжину контакту в декілька разів. Симетрія порушується при певних контактних напруженнях і швидкості ковзання, коли тиск в області розрідження досягає тиску порога кавітації в даному середовищі.

Показано, що зі збільшенням в'язкості середовища зростає ступінь компресії в області входу вала в зону контакту й відповідно збільшується ступінь розрідження середовища в області виходу вала з нього.

Показано, що гідродинамічні ефекти тертя в режимі граничного змащування зумовлені утворенню областей, як з підвищеним, так й зі зниженим тиском у змащувальному шарі.

Показано, що в умовах граничного змащування відбувається перерозподіл контактного навантаження, зумовленого деформаціями стиснення й розтягування змащувальних граничних шарів у відповідних областях контакту. Зношування відбувається в основному в області низького тиску середовища, близького та меншого за тиск насиченої пари, що дозволяє по-новому підійти до проблеми зношування трибосистем на стадії їх проектування.

Показано, що сила тертя складається з суми усіх первинних нормальних і тангенціальних сил опору середовища деформуванню, що мають спільну природу, як при безконтактному, так і при контактному терті поверхонь в умовах граничного змащування.

Обґрунтовані переміщення контакту трибосистеми ковзання, викликані перерозподілом тиску у відповідних конфузоргній і дифузоргній областях

підвищеного та зниженого тисків контакту.

На прикладі трибосистеми ковзання з лінійним контактом показано, що в паливних, масляних, гідравлічних та інших рідинних системах, поряд з гідравлічною та акустичною кавітацією може виникати «трибокавітація», як процес виникнення місцевих тисків у дифузорних областях вузлів тертя, близьких і менших тиску порогу кавітації.

Контактом двох змазаних поверхонь, стиснутих з деякою осьовою силою, являються пружно-деформовані епітропні шари рідини, строго орієнтовані нормально до поверхні, що, перебуваючи в одноосно-напруженому стані, взаємодіють, перестроюються, ущільнюються й перерозподіляють напруження реакції в поверхнях твердих тіл являють собою рідинно-кристалічну субстанцію з відмінними від об'ємних реологічними та фізико-хімічними властивостями, стиснуту поверхнями твердих тіл.

УДК 621. 891.539.375

**Стельмах О. У., Бадір К. К.,
Шевченко Р. О., Коба В. П.**

Національний авіаційний університет, Україна

ТРИБОКАВІТАЦІЯ В ЗМАЩУВАЛЬНОМУ СЕРЕДОВИЩІ

Безпека польотів авіаційної техніки у значному ступені залежить від надійності роботи систем живлення авіаційних двигунів паливом. Для забезпечення надійної подачі палива в камері згоряння використовується прецизійна високовартісна апаратура та автоматика, в яких змащувальним середовищем є саме авіаційне паливо. На протязі всього руху палива від баків до форсунок на кожній ділянці магістралей низького та високого тиску необхідно забезпечити суцільність потоку авіагасу. Підвищення тиску забезпечується паливними насосами, а регулювання подачі палива здійснюється насосом-регулятором високої частоти. Ці агрегати разом з прецизійними золотниковими парами та дроселюючими вузлами у сукупності з точки зору трибології являють собою трибосистеми ковзання і кочення з різноманітною геометрією контакту, що експлуатуються в умовах граничного змащування авіагасом.

Найбільш шкідливим для гідравлічних систем та особливо для паливних систем є процес порушення суцільності течії робочої рідини, котрий у фізиці визначається як процес кавітації.

Відомо два види кавітації, які виникають у середовищі крапельних рідин: гідравлічна кавітація, що народжується внаслідок появи ділянок підвищених місцевих швидкостей у рухомому потоці крапельної рідини та акустична кавітація, яка виникає внаслідок проходження в рідині акустичних хвиль, між якими відповідно виникають зони розрідження. Місцеве зниження тиску в фрагменті рідини, що призводить до виділення паро-повітряної фази у вигляді міхурів, визначають як тиск порогу кавітації. Розрізняють за ступенем зниження місцевих тисків у крапельній рідині початкову кавітацію, розгалужену та суперкавітацію.

Дослідження гідродинамічних процесів, що протікають у лінійному контакті трибосистем ковзання показали, що при відносному русі поверхонь в середовищі авіагасу як контактному, так і безконтактному, в областях, що утворюють зазор, який розширюється за напрямом руху контрзразка, відбувається зниження тиску і при певних умовах сягати величини порогу кавітації. Експериментально доведено, що кавітація зароджується та розвивається за певних критичних значень параметрів трибосистеми: швидкості руху, геометрії зазору при безконтактному терті, величині навантаження при контактному терті та геометрії контакту при однакових значеннях температури та тиску навколишнього середовища.

Розроблена та створена трибосистема ковзання з фізично-прозорим трибоконтактом дозволила виявити процес виникнення кавітації у дифузійній частині контакту, а поперечне сканування тисків в лінійному контакті показало, що розрідження біля кромки виходу контртіла з контакту сягає 900 Па, що менше тиску насиченої пари для авіагасу ТС-1 за відносно малих швидкостей ковзання – 0,2–0,5 м/с та осевих навантажень 2–40 Н при діаметрі циліндру 80 мм та його ширині 9 мм.

Крім небезпечного непередбаченого зриву полум'я в камері згоряння безконтактна та контактна трибокавітації призводять до десорбції епітропних рідкокристалічних структур поверхневих граничних шарів авіагасу на робочих поверхнях вузлів тертя, що в свою чергу є основною причиною зношування деталей паливної апаратури та підсилює вірогідність схоплювання робочих поверхонь тертя. Враховуючи це та високу вартість паливної апаратури, що становить 25% вартості сучасного газотурбінного двигуна, а також небезпечні наслідки раптового схоплювання та заїдання паливної апаратури та автоматики, що може призвести до катастрофи, проблему трибокавітації необхідно досліджувати з метою запобігання її виникнення.

Трибокавітація, на думку авторів, є однією з основних причин порушення суцільності потоку авіагасу в паливній системі, яку необхідно розглядати та попереджувати вже на стадії проектування вузлів паливно-регулюючої апаратури, як самостійний, обумовлений трибопроцесами, вид кавітації.

УДК 52.082.2 (043.2)

Машинська Н. В., Кузьменко Т. І., Баранівський Є. О.
Національний авіаційний університет, Україна

ГІДРОДИНАМІЧНІ ПРИСТРОЇ У СИСТЕМІ ПАЛИВОПІДГОТОВКИ

Якщо на морській техніці встановлене ефективне змішувальне устаткування і є система для підігріву мазуту, то змішування палива для коректування в'язкості мазуту доцільно проводити саме на судні. У цьому випадку виключається ризик використання великого обсягу нестабільного палива, запобігаються наслідки його негативного впливу на стан енергетичних установок, з'являється можливість використання більш дешевих сортів мазуту. Змішування палива на судні з одночасним поліпшенням якісних характеристик проводиться в міру зменшення його обсягу у відстійних видаткових ємностях, з яких паливо подається до

суднових енергетичних установок. Скорочення часу між гідродинамічною обробкою палива в змішувальних обладнаннях і його спалюванням в енергетичних установках не дозволяє активним вуглеводневим радикалам повернутися у вихідний стан, що і є одним з факторів підвищення ефективності використання палива. Підготовка до процесу змішування палива починається із заповнення відстійних мазутних танкерів і відповідно відстійних танкерів дизельного палива. Мазут у відстійних танкерах підігрівается до температури, при якій вода, що втримується в ньому, осаджується в нижніх об'єктах цистерни й потім через дренажний трубопровід видаляється. Аналогічно, після відстоювання, видаляється й вода із цистерн дизельного палива. Дизельне паливо на вході в кавітаційний змішувач вводиться в несучий потік мазуту, попередньо підігрітого до необхідної температури. Паливна суміш із кавітаційного змішувача надходить у вихровий гомогенізатор-змішувач, у якому внаслідок трансформації параметрів стану багатокомпонентного потоку виникають інтенсивні акустичні коливання в ультразвуковому спектрі частот, що створюють в об'єкті потоку кавітаційні розриви. Закриття кавітаційних розривів супроводжується концентрацією енергії, що дозволяє в локальному об'єкті палива підвищити температуру до 1500–1800 °С, тиск до 2 атм, що значно перевищує параметри крекінг-процесу при переробці нафти.

Дослідження, проведені після гомогенізації, підтвердили глибокі структурні зміни в молекулярному складі вуглеводнів. Довгі молекулярні ланцюги перетворювалися в легкі вуглеводневі радикали газових, дистиллятних паливних фракцій. При цьому в'язкість мазуту зменшувалася на 20%, густина – на 2,5%. Здрібнювання залишкових фракцій сприяло скороченню втрат горючої частини палива на 85%. Гомогенізація палива безпосередньо перед процесом згоряння, перехід робочого процесу суднових дизелів на високодисперсну водопаливну емульсію застосовуються для підвищення ефективності використання палива й запобігання забруднення навколишнього середовища шкідливими домішками газів.

Водопаливна емульсія є особливим видом палива, що якісно й кількісно змінює процес горіння. Високодисперсні частки, що присутні в паливі водної фази при прогріві в циліндрі перетворюються в парові пухирці, що миттєво дроблять паливні краплі на дрібні частки, які швидше прогриваються й інтенсивніше взаємодіють із киснем, що утворюється в результаті дисоціації води, запалюються й, перемішуючись із киснем повітря, прискорено згоряють. Перебуваючи в складі емульгованого палива водна фаза може бути дисоційована частково, у ході окиснення палива в передполум'яних процесах. Потім по мірі підвищення температури у фазі активного згоряння, реакція дисоціації води прискорюється. Надлишок, що утворюється при дисоціації атомів водню швидко дифундує в область із надлишком кисню, де їх реакція компенсує витрати енергії на дисоціацію води. При цьому участь у реакції горіння додаткової кількості водню приводить до збільшення кількості продуктів згоряння. У ході експериментальних досліджень вченими було встановлено, що додавання до палива 5–10% води прискорює процес згоряння в 5–6 раз. Завдяки більш повному й прискореному згорянню палива, постійній газифікації відкладань вуглецю деталі циліндро-поршневої групи й газовипускного тракту не забруднюються продуктами

згоряння, менше піддаються абразивному зношуванню.

Розроблені технології змішування та обробки палива в полі ультразвукової кавітації й приготування високодисперсних водопаливних емульсій застосовні не тільки в паливних системах суднових дизелів, але й у котлоагрегатах промислових підприємств та на нафтобазах. З переходом робочого процесу суднових дизелів на водопаливну емульсію з водовмістом 17–20% витрата палива скорочується на 12%, емісія окислів азоту на 30–37%, сірчистого ангідриду на 50%, сірководнів на 50%, незгорілі вуглеводні відсутні. З підвищенням ефективності використання палива температура газів знижується на 8–10 °С, відповідно зменшується теплонапруженість деталей циліндро- поршневої групи. При роботі установок у режимі гомогенізації витрата високов'язкого зневодненого палива зменшується на 5%. З переходом роботи котлоагрегатів на гомогенізовану, високодисперсну емульсію з водовмістом 12–15% витрата палива скорочується на 6–8%, вміст шкідливих викидів зменшується в середньому на 35%, і незгорілих вуглеводнів у кілька разів.

Таким чином, вода, яка перебуває в нижніх шарах ємностей і могла б викликати зрив процесу горіння в котлоагрегатах, але після емульгування підвищує ефективність використання мазуту. У виробничій діяльності мали місце випадки, коли при переході постачання котлоагрегатів на паливо з нової ємності внаслідок великої кількості вологи, що випала в осад, емульсія, що надходить до форсунок, мала у своєму складі до 65% водної фази. І тільки завдяки високодисперсному емульгуванню, горіння в котлоагрегатах залишалося стабільним.

УДК 621.891.22

Голубов О. С.
Національний авіаційний університет, Україна

ВПЛИВ «КОНДИЦІОНЕРА» TESHNI-LUBE НА ЕЛЕКТРОПРОВІДНІСТЬ ДИЗЕЛЬНОГО ПАЛИВА

Як відомо, електропровідність будь-якого змащуючого середовища є одним з діагностичних параметрів, що побічно характеризує рівень його антифрикційних та протизношувальних властивостей. Це обумовлено тим, що використовуючи електричні явища при терті, можна отримати важливу інформацію про процеси, які мають місце на контактуючих поверхнях. Це, в свою чергу, пов'язано з тим, що електрична міцність змащувальної плівки значна і її пробій здійснюється при відносно великій різниці потенціалів.

Як відомо, електропровідність змащуючої рідини збільшується по мірі накопичення в ній металевих частинок зношення. Причиною цього є той факт, що електропровідність частинок зношення перевищує цей показник для змащуючої рідини, що є діелектриком.

Дизельне паливо є також змащуючою рідиною для елементів паливної апаратури дизельних двигунів. Тому будемо вважати, що для палива зміна електропровідності теж є параметром, який визначає його антифрикційні та

протизношувальні властивості.

Для дослідження електропровідності дизельного палива після випробувань його на машині тертя СМЦ-2 було проведено вимірювання електричного опору двох проб, товарне марки ЛІ за ДСТУ 3868 та це ж паливо з кондиціонером Techni-lube в концентрації 0,12% мас.. Підставою для вибору такої концентрації стали результати проведених нами лабораторних досліджень для визначення мінімально необхідної концентрації кондиціонера у паливі для мінімізації зносу паливної апаратури дизелів.

Визначення величини опору (зворотна величина електропровідності) проводились за допомогою лабораторного тераомметра Е6-3.

Результати визначень величин електроопорів та електропровідності обох проб палива наведено в табл. 1. Як бачимо, електроопір ρ палива, що має в своєму складі кондиціонер Techni-lube, приблизно в 1,57 рази більший (електропровідність відповідним чином на стільки ж менше), ніж звичайного палива. Це свідчить про те, що в останньому після роботи на машині тертя СМЦ-2 чепрез гірші антифрикційні та протизношувальні властивості міститься відносно більше частинок зносу, що власне, й зменшує електроопір (збільшує електропровідність). Такий висновок підтверджується результатами визначення вмісту механічних домішок неорганічного походження: у звичайному паливі він складає 0,0088%, у паливі з кондиціонером – 0,0062%, тобто приблизно у 1,48 рази менше.

Отримані результати по визначенню електропровідності побічно підтверджують покращення протизношувальних та антифрикційних властивостей дизельного палива, в яке був введений кондиціонер Techni-lube.

Таблиця 1

Величина електроопору та електропровідності дизельного палива

Паливо	Величина опору палива $\rho \cdot 10^{-8}$, Ом	Величина електроопору палива $1/\rho \cdot 10^{-8}$, 1/Ом
Товарне	0,28	3,571
З кондиціонером Techni-lube	0,44	2,273

Висновки

Результати визначень електричних опорів проб звичайного палива та цього ж палива з кондиціонером Techni-lube після участі їх в лабораторних випробуваннях на машині тертя СМЦ-2 показали, що електроопір того палива, яке має в своєму складі кондиціонер, приблизно в 1,57 рази більший (електропровідність менша), ніж звичайного палива. Це може свідчити про те, що в останньому після роботи на машині тертя за рахунок гірших протизношувальних властивостей міститься відносно більша кількість частинок зносу, які власне й зменшують електроопір (збільшують електропровідність).

АНАЛІЗ СПОСОБІВ УТВОРЕННЯ ПАЛИВО-ПОВІТРЯНОЇ СУМІШІ У ДВЗ

Сутність методу дослідження: паливно-повітряну суміш у двигунах внутрішнього згорання (ДВЗ) перед пуском підігрівають у випарнику, що обладнаний саморегулювальними електронагрівальними елементами, і перед впуском у циліндри пропускають через вихрову камеру. Для утворення гомогенної паливно-повітряної суміші (ППС) цей метод дозволяє знизити токсичність відпрацьованих газів на всіх режимах роботи, забезпечити стійкий холодний пуск при повному збереженні потужності двигуна. Відомо, що ДВЗ вимагає для своєї роботи підготовленої горючої суміші, що представляє собою робоче тіло, в ідеальному випадку складається з молекул вуглеводнів і повітря в газовій фазі в необхідному співвідношенні. Основні завдання, що розв'язуються при сумішоутворенні:

- точне дозування палива, відповідно до витрати повітря й необхідного співвідношення їх у суміші (коефіцієнт надлишку повітря) для необхідного режиму роботи двигуна;

- перехід палива (в ідеалі) – рідкого бензину у газоподібний стан;
- змішування в газовій фазі бензину й повітря на молекулярному рівні.

У наш час у сучасних двигунах, в основному, використовують спосіб карбюрації або розпилення бензину різними механічними або електромеханічними форсунками. Однак ці способи не дозволяють проводити якісну гомогенізацію, а про повне випаровування не може бути й мови на всіх режимах роботи двигуна.

Загальновідомо, що важкими як у плані екологічності, так і по витраті бензину є його пуск і прогрів. Для поліпшення екологічних показників відпрацьованих газів двигуна внутрішнього згорання на всіх режимах його роботи ведуться розробки за такими основними напрямками щодо створення обладнання, що поліпшить гомогенізацію ППС:

- обладнання для створення турбулентних потоків у межах дифузорів карбюратора;

- обладнання для створення турбулентності у вхідному колекторі;
- обладнання для попереднього нагрівання палива;
- обладнання для нагрівання повітря або усієї ППС;
- обладнання для подачі пари бензину у робочі циліндри.

Крім того, широко відоме обладнання для приготування гомогенної суміші через перемішування повітря й палива і одержання найкращої гомогенності ППС, елементи гомогенізуючого пристосування виконані у вигляді щонайменше трьох гвинтових лопат, що перекривають внутрішній простір великого дифузора.

Необхідно відзначити, що не менш широко відомі механічні (статичні) завихрювачі не тільки на вході, де відбувається "зав'язування" гомогенності (гомогенізація), але й уже гомогенізованого потоку паливно-повітряної суміші, використовуваних для цієї мети, наприклад, установлюваних як на виході карбюратора, так і на вході вхідного колектора.

Відоме також обладнання, що використовується як більш прогресивний і технологічний спосіб гомогенізації й часткового випаровування легких фракцій бензину, заснований на використанні вихрового ефекту.

Відомо, що самий інтенсивний тепломасообмін властивий рідким плівкам, що рухаються по поверхні високотеплопровідного тіла, тому що при цьому максимально великими є поверхні теплообміну й масообміну, а сама "робоча" маса, яку необхідно прогріти, мала: чим тонша плівка, тим ефективніший процес випаровування. Максимальна швидкість випаровування спостерігається при температурі кипіння, тому для ефективного пароутворення (випаровування) складних рідин необхідно так організувати процес википання (пароутворення), щоб кожний компонент рідини міг досягти своєї температури кипіння. Цього можна досягти або поступовим підвищенням температури в часі, або плином (просуванням) рідкої плівки по високотеплопровідному тілу з температурою, що підвищується, так щоб кожний компонент плівки, просуваючись від "холодного" до "гарячого" кінця високотеплопровідного тіла, міг "знайти свою температуру" і випаруватися.

Є ще один спосіб утворення ППС у ДВЗ у якому для одержання гомогенної паливно-повітряної суміші повітря і паливо пропускають через резервуар, частково заповнений підігрітим моторним маслом, причому повітря й паливо надходять у моторне масло через повітряпровід, де розміщений паливний жиклер. Рідке паливо, потрапляючи в моторне масло, розчиняється в ньому, а потік повітря у вигляді пухирців, що проходять через суміш, насичується парами палива й активізує випаровування палива, у результаті чого утворюється гомогенна ППС, використання якої дозволить зменшити токсичність відпрацьованих газів, підвищити детонаційну стійкість суміші й ККД двигуна, знизити витрату палива. При всій привабливості цього способу йому властиві наступні недоліки:

- залежно від режиму роботи двигуна в маслі буде розчинятися різна кількість палива й, отже, будуть змінюватися питома вага й в'язкість суміші, що буде сильно впливати на процеси тепломасообміну й режими проходження повітря через масло;

- процеси розчинення й екстракції бензину в маслі мають константу часу (t) незрівнянно більшу, ніж динаміка ДВЗ, що буде призводити до порушення стехіометрії ППС при перехідних режимах роботи двигуна й до неможливості точного контролю над ступенем збагачення суміші, що надходить у циліндри двигуна;

- бензин є багатofракційною рідиною й має різні температури розгону (випаровування) фракцій, що приводить до неможливості одночасного 100% екстрагування бензину за інтервал часу (розчиненого протягом попереднього циклу);

- сучасні бензини з метою підвищення антидетонаційної стійкості містять ряд присадок, важкорозчинних і важколетучих (наприклад, тетраетил свинець – ТЕС), що будуть накопичуватися в маслі, не екстрагуючись. Ці присадки ставляться до групи сильнодіючих отрут, і буде потрібна зміна масла для запобігання гранично допустимих концентрацій (ГДК) цих отрут у маслі;

- під час роботи ДВЗ діапазон зміни витрати повітря становить від 1 до 10, що буде значно змінювати гідрогазодинаміку процесу екстракції й впливати на склад суміші, при цьому на форсованих режимах можливе часткове віднесення масла,

що буде впливати на токсичність відпрацьованих газів;

- наявність гідравлічного затвору на вході паливно-повітряного каналу двигуна внутрішнього згоряння створює додатковий опір на його вході, що приводить до погіршення наповнення циліндра, а, отже, і до погіршення потужності і навантажувальних характеристик двигуна у всьому динамічному діапазоні його роботи;

- для забезпечення нормальної роботи двигуна масляна ванна повинна мати значний обсяг, що розтягує час пуску двигуна, тому що для одержання випарованого палива необхідно прогріти масляну ванну до необхідної температури.

На підставі аналізу різних способів сумішоутворення для бензинового двигуна внутрішнього згоряння й вимог до системи його живлення з урахуванням екологічних норм на відпрацьовані гази і його економічність спосіб і обладнання сумішоутворення паливно-повітряної суміші у двигуні внутрішнього згоряння повинні забезпечувати:

- 1) повну газифікацію або хоча б випаровування палива;
- 2) точне дозування палива й повітря на всіх режимах роботи;
- 3) гомогенізацію палива й повітря на молекулярному рівні;
- 4) найменший гідравлічний опір;
- 5) технологічність у виготовленні й ремонті.

УДК 662.75:621.593.3

Єфименко В. В.

Національний авіаційний університет, Україна

РОЗЧИННІСТЬ ПОВІТРЯ У РЕАКТИВНИХ ПАЛИВАХ ТА ЙОГО ВПЛИВ НА РОБОТУ ПАЛИВНОЇ СИСТЕМИ

Реактивні палива як і будь-які рідини здатні розчиняти в собі гази, в тому числі кисень, що міститься в повітрі. Повітря і гази, що його складають проникають в паливо двома шляхами: розчиняючись в процесі дифузії та при перемішуванні. Тому максимальна концентрація газів у паливі спостерігається після його фільтрації. За нормальних умов кількість розчиненого повітря в паливі марок РТ, ТС-1 може досягати 16–18% об., Т-6 до 14% об.

Розчинність газів в рідинах залежить від парціального тиску і описується законом У. Генрі, відповідно до якого концентрація розчиненого в рідині газу пропорційна його парціальному тиску, а відношення цих величин відповідає постійному для даних умов коефіцієнту розчинності.

В міру зниження тиску розчинність газу у вуглеводнях зменшується, що спричиняє його виділення в надпаливний простір. Слід також відмітити, що цей закон справедливий при відсутності хімічної взаємодії між компонентами розчину, тому для вуглеводневих палив застосовувати його можливо лише для наближених розрахунків.

Коефіцієнт розчинності в реактивному паливі кисню приблизно в два рази більший за коефіцієнт розчинності азоту. Внаслідок цього, кисень розчиняється в

паливі в більшій пропорції ніж азот в порівнянні з їх співвідношенням в повітрі, Тому газова суміш, що виділяється з палива більш збагачена киснем, ніж звичайне повітря. Об'ємне співвідношення азоту до кисню в ній складає 2,07:1, тоді як у повітрі воно дорівнює 3,76:1. При зниженні тиску з палива виділяється повітря, що містить до 30 % об. кисню, тому вибухонебезпечність паливної системи значно зростає. Це збільшує також і межі пожежовибухонебезпечності паливо-повітряних сумішей. Крім того газ з підвищеним вмістом кисню є більш агресивним середовищем, ніж звичайне повітря, у відношенні корозії матеріалів та термоокиснювальної стабільності реактивних палив.

Концентрація розчиненого повітря, і в першу чергу кисню, суттєво впливає на експлуатаційні властивості реактивних палив: термоокиснювальну стабільність, пожежо-вибухонебезпечність, кавітаційні та протизносні властивості.

Серед факторів, що найбільш впливають на термоокиснювальну стабільність палив концентрація кисню відіграє вирішальну роль. З підвищенням вмісту кисню в паливі, або надпаливному просторі різко зростає маса нерозчинного осаду, що свідчить про інтенсифікацію процесу та зниження термоокиснювальної стабільності вуглеводнів палива.

Авіаційні палива являють собою легкозаймисту вуглеводневу рідину, пари якої в суміші з повітрям вибухонебезпечні. Встановлено, що із зростанням концентрації кисню температура спалаху та самозаймання зміщується в бік більш низьких значень.

Із збільшенням висоти польоту атмосферний тиск, і як наслідок концентрація кисню зменшується. Під впливом цього з більшою інтенсивністю буде проходити деаерація палива в баках літака.

Для оцінки надійності роботи паливної системи літаків важливе значення має процес виділення розчиненого газу з палив в умовах польоту, коли спостерігається інтенсивна вібрація конструкцій літака і палива в його баках.

При наборі висоти маса розчиненого повітря у паливі зменшується пропорційно зменшенню тиску в паливних баках. Об'єм виділеного повітря може досягати кількох сотень літрів на 1000 л палива. У результаті цього на висотах більш 8000 м відбувається «закипання» палива, що супроводжується кавітацією в трубопроводах і коливанням тиску в системі. При розвитку кавітації по всій порожнині проточної частини спостерігається повний зрив роботи насоса, що призводить до перебоїв подачі палива і зупинці двигуна.

Таким чином, на ряду з тиском насиченої пари, концентрація розчиненого в паливі повітря, компонентом якого являється і кисень, впливає на кавітаційні властивості паливної системи.

В трибохімічних процесах приймає участь розчинений в паливі кисень. Зменшення його концентрації приводить до зниження величини зносу і підвищення критичного навантаження схоплення, і як наслідок, до збільшення показника протизносних властивостей. Зі зростанням осьових навантажень процес схоплювання відбувається при більш високих концентраціях кисню. При збільшенні його концентрації вище рівноважної спостерігається значне зростання зносів при всіх навантаженнях, при чому інтенсивність зносу тим вища, чим більша концентрація кисню. Процес тертя при цьому переходить в область

схоплення.

Таким чином, при терті металів у вуглеводневих рідинах з різним вмістом розчиненого кисню існують мінімально і максимально допустимі значення концентрації розчиненого кисню, за межами яких процес тертя реалізується зі схопленням. А глибина окиснення металів визначає характер тертя – силу тертя, знос, схоплення. При низьких концентраціях кисню на поверхні тертя утворюється в основному оксид заліза і при цьому спостерігається малий знос. При великих концентраціях кисню на поверхнях тертя утворюється комплекс оксидів від FeO до Fe₃O₄. Різноманітність складу та великий їх об'єм приводить до утворення дисперсної структури, що легко руйнується силою тертя. В подальшому процес окиснення повторюється, і спостерігається інтенсивний знос та значні коливання сили тертя.

Тому, проведення досліджень по впливу концентрації розчиненого кисню на експлуатаційні властивості палив і можливості застосування знекиснення реактивних палив з метою покращення їх якості є перспективним напрямком проведення наукових робіт.

УДК 621. 891.539.375

Tunca F., Altuntas O., Karakoc T. H.
Anadolu University, Turkey

GAS TURBINE & SOFC APU BASED CO₂ EMISSIONS IN TURKEY AND UKRAINE

APU typically provides 30–45 PSI bleed air. This air is taken from the load compressor or the power compressor and used for main engine start, air condition system and de-icing system. APUs with load compressor have lower fuel consumption. Because; if the aircraft does not need bleed air, pilot can disarm the load compressor. Thus, this system can overcome EGT (Exhaust Gas Temperature) limits and prolong APU life.

The other main task of APU is the production of electrical energy which is necessary for the aircraft systems such as back-up purposes. This electricity is provided by the AC generator which is operated by the gear box. Unlike the main generators the APU generators, does not have CSD (Constant Speed Drive). APU fuel control unit provides fixed-speed operation. Figure 1 shows main sections of a classic GT – APU.

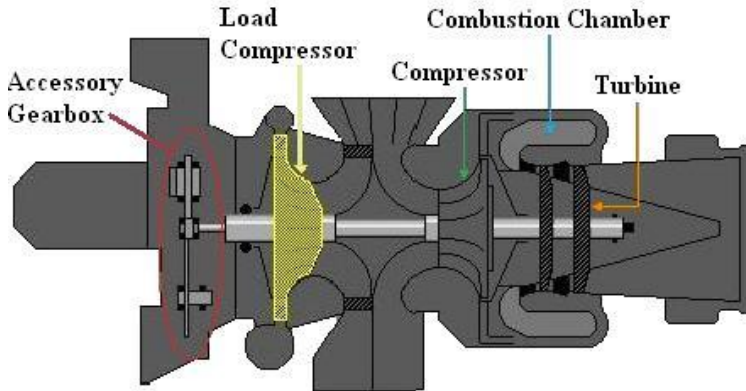


Figure 1. GT - APU Sections

SOFC AUXILIARY POWER UNIT

In principle, a fuel cell operates like a battery. Unlike a battery, a fuel cell does not run down or require recharging. It will produce energy in the form of electricity and heat as long as fuel is supplied. A fuel cell consists of two electrodes sandwiched around an electrolyte. Oxygen passes over one electrode and hydrogen over the other, generating electricity, water and heat. There are different types of fuel cells such as;

- Phosphoric Acid fuel cell (PAFC)
- Direct Methanol fuel cell (DMFC)
- Proton Exchange Membrane fuel cell (PEM)
- Regenerative fuel cell
- Molten Carbonate fuel cell (MCFC)
- Zinc Air fuel cell (ZAFC)
- Solid Oxide fuel cell (SOFC)
- Protonic Ceramic fuel cell (PCFC)
- Alkaline fuel cell (AFC)
- Microbial fuel cell (MFC)

There are several experiments in the literature about PEM and SOFC applications in aviation.

A fuel cell system which includes a "fuel reformer" can utilize the hydrogen from any hydrocarbon fuel - from natural gas to methanol, and even gasoline. Since the fuel cell relies on chemistry and not combustion, emissions from this type of a system would still be much smaller than emissions from the cleanest fuel combustion processes. The system configuration is shown in Figure 2;

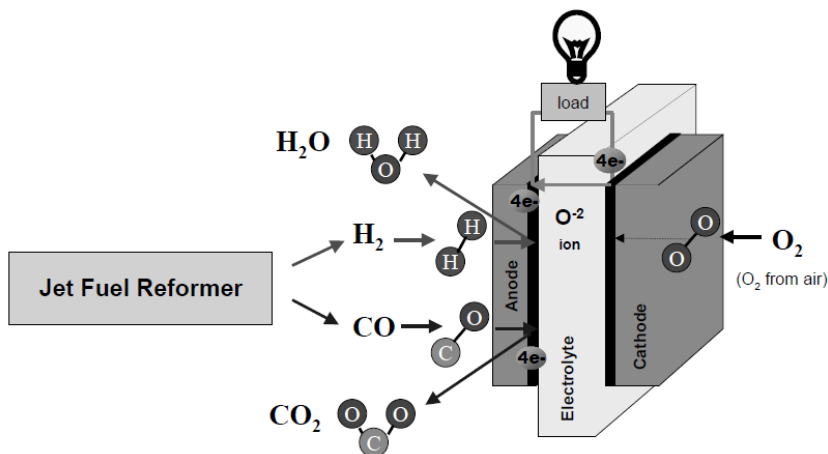


Figure 2. System Description of SOFC-APU with Jet Fuel Reformer

Figure 3 shows the eliminated ground based emission sources with the use of fuel cell technology during aircraft ground operations;

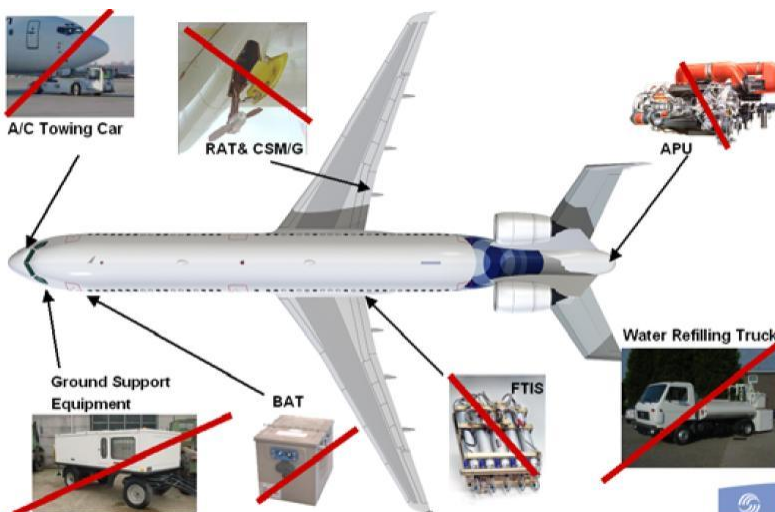


Figure 3. Ground based emission sources to be brought away by fuel cells

METHODOLOGY

ICAO defines simple, advanced and sophisticated approaches for emission calculation methods for APU. In this document simple approach was applied and APU operation time taken from ICAO's data as 45 minutes per LTO.

Winther et. al., were examined the real time fuel consumption value for a classic GT APU. The APU model is Honeywell GTCP 131-9A, 131 HK which is mostly used in Airbus 321-200, Boeing B737 and MD90 series of aircrafts. The given fuel flow is 0.013 kg/s.

Liming Shi and David J. Bayless have analyzed jet fuel reforming for SOFC-APU applications in aircrafts. The fuel consumption given by them for SOFC based APU with jet fuel reformer is 4.12 gal/h. This type of APU can generate enough power such as Boeing 737 series aircrafts.

Weight gain after system changes and the increase in emissions resulting from this extra weight are ignored.

Total fuel consumption per LTO calculated and applied to total LTO numbers in Turkey and Ukraine. Figure 4 shows total LTO numbers in Turkey and Ukraine and Figure 5 shows total fuel consumption of classic GT and SOFC based APU.

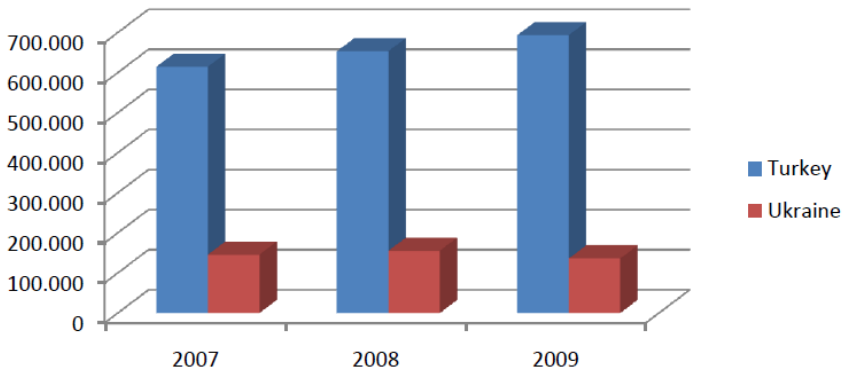


Figure 4. Annual LTO Numbers in Turkey and Ukraine (LTO/yr) [8, 9]

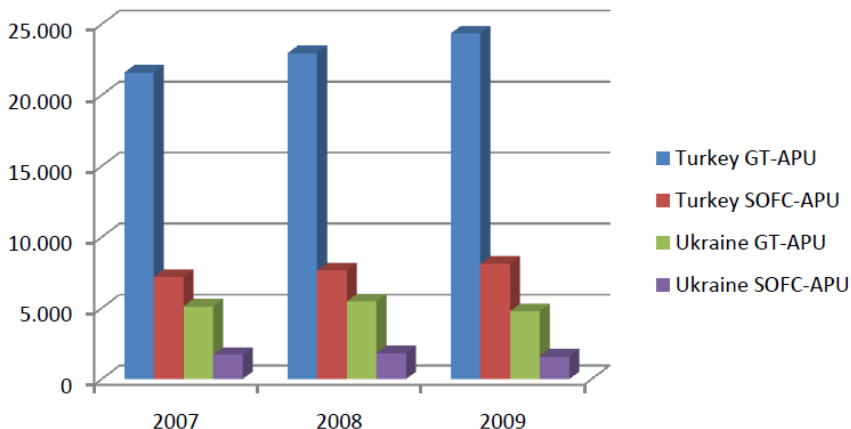


Figure 5. Total Fuel Consumption of GT and SOFC Based APU in Turkey and Ukraine (Metric ton/year)

RESULTS AND DISCUSSION

Due to its nearly constant carbon to a hydrogen ratio, the combustion of one kilogram kerosene directly results in about 3150 g carbon dioxide (CO_2), about 1240 g water (H_2O) and leads to an average 0.6 g sulphur dioxide (SO_2). By using those numbers CO_2 values for Turkey and Ukraine was calculated and shown in Figure 6;

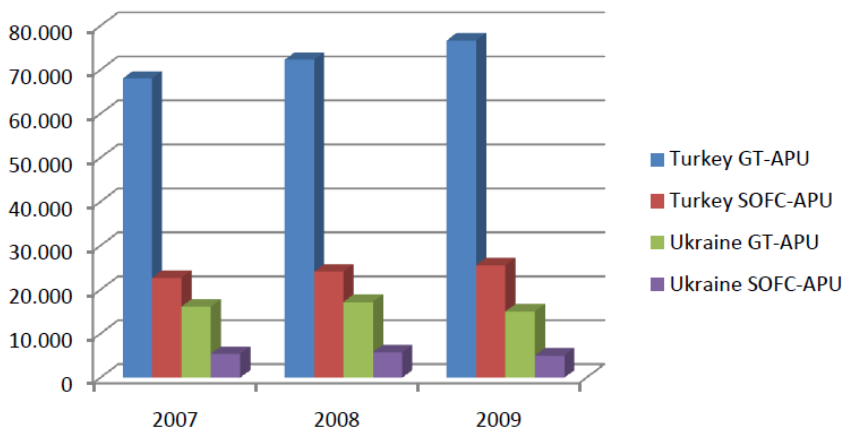


Figure 6. CO_2 Emissions of GT and SOFC Based APU in Turkey and Ukraine (Metric ton/year)

Results show that with SOFC-APU usage, APU based CO_2 production would decrease by 0.66 in Turkey and Ukraine.

RESEARCH OF HYDRAULIC CHARACTERISTICS OF ELECTRO- PURIFIERS WITH CATCH-CELLS OF FPDЛ – 200 TYPE

As a rule, industrial machinery contains lubricating systems, which ensure their functioning. Existing normative documents regulate strictly ultimate level of system dirtyness, so as contaminations in working liquid significantly influence the reliability characteristics in an unfavourable way. In forming of purification subsystems, which have to provide necessary level of purity in lubricating systems it is faced an issue about their efficiency.

In general case, at the efficiency evaluation, three characteristic types of systems can be distinguished.

Efficient system of purification.

Efficient system of purification allows to carry out the purification process of system from contaminations. During application of such purification systems the contamination concentration in the system is reduced constantly and, in the ideal case, reduced to zero.

Less efficient system of purification. Though such system can't provide the lowering of contamination concentration, it allows to maintain the initial level of oil concentration. Its efficiency is not enough to purify the system, but enough to maintain the initial level of oil concentration.

Low-efficient system of purification (ineffective) – a system, which is not able to maintain the initial level of oil concentration. Dirtyness level in such systems is raised constantly.

In the fig.1 the graph of dirtyness changing in the system depending on the purification efficiency is represented. Efficiency analysis of purification systems of turbine oils of thermal and nuclear power plants has been performed by us on the base of 26 turbosets. It revealed that almost in all cases the staff purification systems showed their inadequate efficiency. As a rule, rise of dirtyness level always takes place and, in a year from the beginning of operation, it reaches the critical values, defined by the normative documents, at which the operation is impossible.

Dynamics of contaminations removal from the systems described by the equation:

$$C_{\tau} = C_0 \cdot e^{-(Y \cdot Q/W) \cdot \tau}; \quad (1)$$

where C_{τ} – concentration of contamination in the system through the time of purification; C_0 – concentration of contamination in the system before purification; Y – coefficient of filter(s) sifting; Q – pumping of liquid through the system; W – liquid capacity in purified system; τ – purification time.

Theoretically, if the purification system is effective, the concentration of contamination must asymptotically tend to zero. If it doesn't occur, it means that either liquid pumping through the system is absent $Q=0$, or pumping takes place, $Y=0$ or tends

to zero.

In connection with this, the important task is the selection of filters for purification systems.

First of all, filters must have the positive number of sifting coefficient minimally, $Y > 0$.

Secondly, filters must have the sufficient fineness of filtration for purification. Ex facte the mentioned requirements stand to reason. However, if they stand to reason, the question is appeared – why can't real purification systems manage with their task? Why does the level of contamination raise constantly?

Actually, filters of general machine building must have the sifting coefficient not less than 50%, and aviation – not less than 97%, in accordance with theoretically adopted regulations. However, it has been shown above, these regulations are not fulfilled in practice.

The main reason of such regulation is that filters, installed in systems, are selected with no account taken of dependence of sifting coefficient on purified fraction from one side, and from another side – is that, as a rule, developer is focused on the nominal characteristics of filter elements, but not on their physical value.

Our experimental researches shown, that the sifting coefficient for membrane filtration elements heavily depends on such parameter as value of liquid pumping through the purifier. As our researches shown, declared values are confirmed only at values of pumping not more than 10% from the nominal values of pumping.

Not less important is the selection of required value of fineness filtration of element of filtration. At forming of purification systems it is necessary to equip filtration systems with maximum fineness of filtration, which is selected on the basis of parameters of dangerous gaps in systems. So, if the values of working gaps in pump elements are 10-15 mcm for turbine lubricating and regulation systems, filters in systems are installed with filtration fineness 10-15 mcm.

Don't dwell on the issue of appropriateness of such approach to fineness filtration selection in this article, concentrate your attention on the fact, that distribution of granulometric composition of contaminations is changed at operation.

At fig. 2 graphs of distribution of contamination particles in turbine oils of different objects at various time of oil operating in the system are represented.

For new oils, recently set in operation, the number of particles of fractional group 10-15 mcm is maximum. At the same time for fraction 10-25 mcm the distribution of particles has the reverse character. At operation of real lubricating systems of turbosets the rise of particles amount of fraction 5-10 mcm and reduction of particles amount of fractional group 10-25 mcm takes place.

Therefore, this process indicates on the insufficient availability of equipment of purification systems of turbosets namely by filters, which are able to remove effectively fraction particles of 5-10 mcm from the stream of oils. For practical realization of task for making of effective purification systems it should be installed in system filters able to provide the high values of sifting coefficient on these fractions at nominal modes of purification. It should be expected that in this case the purification systems will change from the class of ineffective ones to the group of effective ones. Industrial purifications of systems with the use of filters of FPDЛ- MEPP carried out by us in many industrial projects have shown that in this case systems are effectively purified during short time.

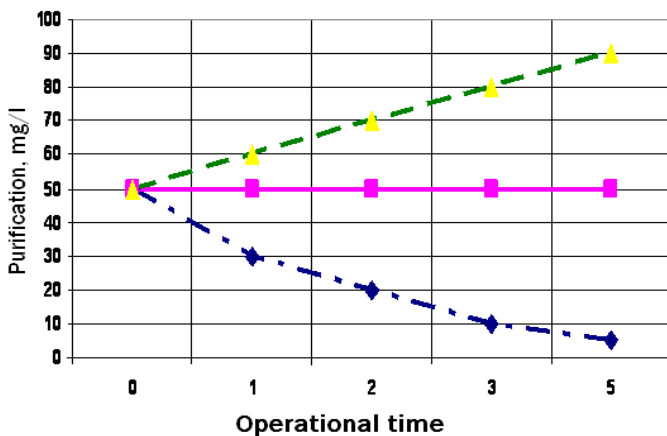


Fig. 1 . The dynamics process of contamination level changing in systems during life time
 1 – Rise of contamination level in system; 2 – Constant concentration of contamination;
 3 – System cleaning.

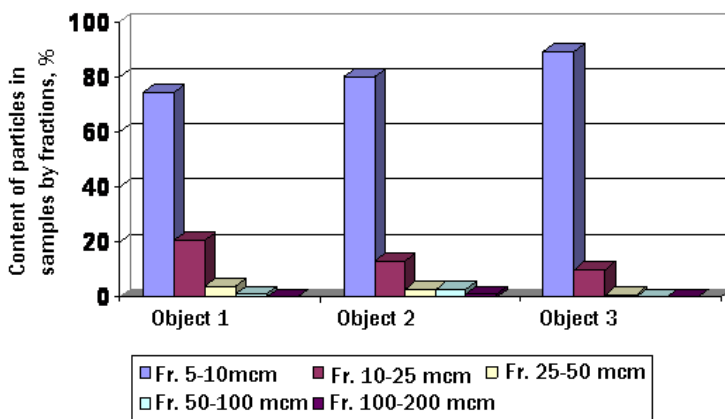


Fig. 2. Changing of fractional composition contamination during operation.

УДК 378.14:66(045)

Aksyonov A., Boychenko S., Teryokhin V.
 National Aviation University, Ukraine

**CHEMMOTOLOGICAL SCIENTIFIC AND PEDAGOGICAL SCHOOL
 WITHIN THE SYSTEM OF INFORMATION SUPPORT
 OF EDUCATIONAL PROCESS**

The phenomenon of scientific and pedagogical school is reproduced in the prospect of the informational support of educational process as one of the major directions at the current stage of development of higher professional education, under the conditions of integration of science and high school in the context of creation of research university.

The essence of classic research university is integration of educational process and fundamental scientific research. For the first time this approach was defined systematically by V. Humboldt in the XIX century. The motto of the university in Berlin, founded in 1809 by William Humboldt, was: "Devotion to science".

Informational support, as the component of complex scientific support of the educational process, is directed toward formation of organizational and content bases of informational and educational field, which meets the requirements of the modern level of informational society.

The origin of scientific schools took place mainly in the field of education and they became widely spread with the appearance of universities. Organic unity of scientific and educational processes, aimed on reproduction, scientific personnel "self-filling" and advanced training, orientation on generation of knowledge about knowledge can be attributed as main features of such schools and allow to consider their activity as a model of science and education integration.

Generally, scientific and pedagogical schools are the centers of crystallization, concentration, productions and application of scientific and educational information. Their activity contributes to stability, determination, predictability and manageability of the systems and of education process. As the open, self-organized systems, scientific and pedagogical schools are able to flexible and active co-operation with external informational environment, constant support and renewal of scientific potential of their representatives and students.

The orientation on reconstruction of the invariant "teacher (founder) - students (followers)" is the feature of scientific and pedagogical schools. Their primary aim is the training of scientific and pedagogical personnel, able to innovative activity in education.

The conditions of higher educational institution transform the relations "teacher-students" into "scientific and pedagogical school" in the aspect of specialist training, who is a person with higher special education, received systematic theoretical and practical training.

The following basic functions of any scientific and pedagogical school could be defined in the informational and educational field of higher educational institution:

- generation of new knowledge, primarily scientific and pedagogical (notion "information" is considered here as the data processing method and system, knowledge being considered as a the product of informational activity);
- theoretical grounds of discoveries and inventions in the light of generally accepted methodological scientific principles or establishment of new principles with the high level of scientific basis and methodology;
- formation of primary knowledge – knowledge about knowledge – among students in order to attract them to the basics of cognitive activity, reflecting the features of modern informative paradigm;
- support of succession of original techniques, methods and principles of research program;
- advanced training for personnel;

- provision of basic training of specialists in the area of education;
- formation of personality of innovative type, who is the source of novelty and has research and creative abilities, used for expansion of scopes of social practice;
- scientific and organizational activity in the context of both claimed of results of conducting fundamental research and necessity of developing of scientific contacts (conferences, seminars, round tables and etc.);
- saving and development of scientific and pedagogical potential of university;
- support of informative communication of university with global informational and educational areas;
- achievement of high level of general communicative culture of specialists, theoretical views and organizational experience of informational co-operation in the dialog mode.

The bases of chemmotological scientific and pedagogical school started to form in National Aviation University in the 50s of the past century, Professor Kostetsky B.I. and Professor Golego N.L. organized frictional laboratory. They used special equipment to explore the processes of physical and chemical mechanics of materials friction, and based on the results of investigations the recommendations to increase longevity, reliability of machines and mechanisms and improvement of fuels and lubricants properties were developed. Active participants of these researches were students and some of them became well-known scientists and organizers (Prof. Alyabev A.Y., Prof. Zaporozhets V.V., Prof. Nazarenko P.V. and others).

In the same years Prof. Bashty T.M. was working in the area of theoretical and experimental research of hydraulic drives and their elements.

The Chair of machines and mechanisms details (Prof. Rayko M.V.), Chair of airplanes exploitation (Prof. Chernenko Z.S.), physicists (Prof. Solovov A.N.), electrical engineers (Prof. Groholsky A.L.) and other subdivisions also participated in the process of chemmotological problems solutions.

In the 60-s chemmotological researches were targeted at working on issues related to maintenance of reliable work of fuel, oil and hydraulic systems of aircrafts.

The results of the conducted research were discussed at the seminars and conferences, thus proving the interaction of fuel and lubricants properties, structural features and technology of machines and mechanisms exploitation.

The sources of the chemmotological scientific and pedagogical school of the NAU can be found in 1964. That year Prof. Alexander Aksyonov initiated formation of the scientific group for resolving scientific and technical problems of fuels, lubricating materials and technical liquids usage at the Chair of technical exploitation of aircraft and engines (the head was associated professor Vasily Sukharnikov). Within the framework of the advanced studies of school such scientist as Belyansky V.P., Teryokhin V.I., Litvinov A.A., Kozachenko A.I., Nekipelov Y.G., Borodin A.E., Shepel A.Y. have been working since student times.

With the purpose of research work co-ordination and discussion of their results chemmotological scientific direction was formalized under the supervision of rector Alexander Aksyonov.

Activity of the school is closely related to educational work. In 1968 the independent department of chemistry and technology of fuels and lubricants was created and in a year – the department of fuels and lubricants was created (the head and the first

dean was associate professor Alex Litvinov).

The Chair of fuels and lubricants created by Prof. Litvinov A.A. trained specialists in area of aviation chemmotology. The considerable increase of professional level of quality control system of aviation fuels and lubricants became the result of this.

The follower of these traditions was Chair of chemmotology created in 2007 (the head is doctor of technical sciences, Prof. Boychenko Serhiy).

In 1972 at the department of "Chemistry and fuels and lubricants" the testing laboratory of physical, chemical and operating properties of aviation fuels and lubricants was created (ONIL-12). Anatoly Shepel managed the laboratory, scientific supervision was carried out by Alexsey Litvinov (1972-1977) and Victor Belyansky (1977-1997).

Prof. Chernenko Z.S. and Vasylenko V.T. created the laboratory of operational reliability and technology of fuel and oil systems of aircraft. The base research complex of laboratory includes two unique climatic thermal pressure chamber, sophisticated control-measurement apparatus. Researches of influencing of fuels and oils influence on operational reliability of systems in all range of possible external environments of aircrafts are conducted in the laboratory.

The mechanism of action of lubricating materials were studied by the faculty , guided by Prof. Rayko M.V. The laboratory developed some additives to lubricating oils, increasing anti-frictional, anti-wearing and anti-scoring properties.

Combination of experimental researches based on the original technical solutions and methods with deep theoretical analysis is tradition of school.

The study of influence of fuels and lubricants contamination on the work of functional systems and development of untraditional methods of their cleaning were conducted under the supervision of professors Nikitin G.A. and Chirkov S.V. They patented electro-purifiers and gravitation purifier, having noticeable advantages is compared with traditional filters.

In the 70s, when the question of chemmotological reliability provision for aircraft was raised in the conditions of increasing requirements to the modern aircraft, the problem of aviation fuels cleanness having become exceptionally important.

Due to the introducing of new technologies of production of fuels for gas-turbine engines the problem of their anti-wearing properties became crucial. The collective of researchers under the supervision of Prof. Aksyonov A. F. started working on the methods of determination of reactive fuels anti-wearing properties, investigation of influence of fuel chemical composition on their anti-wearing properties and development of the methods of fuel anti-wearing properties improvement. These tasks have been successfully solved. In subsequent years the school of researchers created by Prof. Aksyonov A. F. conducted large work in the area of chemmotology.

In the early of 70s realized configuration, creation of solid experimental base and well trained on the research basis specialists in the area of fuels and lubricants operational properties contributed to the enhancement of researches quality and general scientific and industrial level. Finally, it resulted in opening educational process on the basis of existing specialties with specialization on fuels and lubricants testing and application.

The first graduation of specialists in fuels and lubricants testing and application took place in 1975 Practically all graduates (about 50 specialists) were claimed and employed in operating enterprises, R&D and educational establishments of civil

aviation.

Research of chemmotological direction were continued. Fundamental research on influence of dissolved gases on fuels operational properties were conducted under supervision of Prof. Belyansky V.P. Then number of scientific methods of fuels stability and anti-wearing properties improvement, detonation stability of low-octane fuels enhancement were developed and over 20 patents on the inventions in area of chemmotology were received.

Research of physical and chemical properties of jet fuels and improvement of standard quality testing methods were executed under supervision of Prof. Solovjev A. N.

Scientific research of chemmotological direction have been conducted by the chairs of chemistry, chemistry and fuels and lubricants, physics, chemistry and chemical technology (heads of chairs professors Chumakov Y.I., Litvinov A.A., Solovjev A.N., Ivanov S.V.).

Today the department of chemmotology and Ukrainian R&D center of chemmotology and certifications of fuels, lubricants and technical liquids of the NAU is the moving force of chemmotological motion.

Currently, when the requirements to all types of products and services, including consulting and educational, grew considerably, collaboration and interrelation between participants in the system of petrochemicals provision changed, the role of chemmotological scientific and pedagogical school in the system of the informational support of the personnel training is gaining extremely important character.

Today the chair of chemmotology teaches complex of special disciplines (15 names) for the following specialties: «Technologies and technological equipment of airports», «Chemical technology of fuel and carbon materials», «Ecology and environment protection», «Gas-turbine installations and compressor stations». The chair also carries out advanced training of specialists through the post-graduate school. The subjects of scientific research of the chair are various, such as development of alternative fuels, additives of different purpose, reduction of petrochemical losses, enhancement of production and quality renewal technologies, research of operational properties of fuels and lubricants and technical liquids of a special setting.

The Ukrainian R&D center of chemmotology and certification of fuels, lubricants and technical liquids was created and has been working under the supervision of Prof. Boychenko S.V. This center continues the work and follows the traditions of the Ukrainian center of aviation chemmotology and certification of products, created by Professor Belyansky V.P. in 1994.

On the basis of center and the chair of chemmotology the Institute of post-graduate education organized the courses of advanced training for the personnel of gas-transport enterprises and petrochemical laboratories of refineries of Ukraine, in particular jet fuel producing enterprises (together with «SE UkraviaPMM»). The testing equipment of laboratories of the center allows conducting researches of most petrochemicals according to the requirements of standards, including international ones. The laboratories of the center are accredited in compliance with the international standards of the series 17025, 9001. Except carrying out research, educational work on retraining and in-plant training of personnel, involved in production, application and quality control of fuels, lubricants and technical liquids, is carried out in the center, thus its

work is related to development of educational and teaching and standard literature.

The center and the chair of chemmotology take active part in scientific and educational activity of the university, in particular they organize scientific and technical conferences, seminars, symposiums, including international ones, as well as conduct research and research-designing works for both domestic and foreign customers.

The basic scientific applied issues studied by representatives of the school are:

- development of competitive resource and energy saving technologies of fuels storage, transport and filling;
- development of alternative types of fuel for transport vehicles;
- research of physical and chemical and operational properties of fuels, lubricants and technical liquids in different technological operations;
- development of express techniques and methods of fuels, lubricants and technical liquids quality testing;
- development of organizational-technical and standard measures of saving quality level of fuels, lubricants and technical liquids;
- development of new competitive additives and additions to fuels and lubricating materials;
- creation of complex methods of qualifying tests of fuels and lubricants and technical liquids.

Concept of development of chemmotology scientific direction (school) with the NAU being orientated to innovative model, which allows keeping and promotion of achievements of past and present NAU researchers, improvement of developments and inventions quality and compatibility in order to implement them in a short period under the conditions of crisis situation on the market of fuels, lubricants and technical liquids. It will also promote creation of grounds for the improvement of working conditions of scientific-pedagogical staff of chemmotological direction, implement their teaching and scientific, finding and development of talented creative personalities among students, training of personnel with higher qualification.

The target of chemmotology scientific direction (school) is stimulation of research and development works, designing work as well as personnel training (including qualification enhancement, in-plant training, internship) in accordance with international regulations and standards to solve actual and perspective tasks of chemmotology in the field of fuels, lubricants materials and technical liquids testing and admittance to production and use, in particular, in aviation industry, as well as nature protection and energy saving innovations.

The strategic task of chemmotology scientific direction (school) activity is the achievement of modern level of research conduction and scientific-pedagogical personnel training.

The basic task is conducting fundamental, searching and applied research, research and development works in accordance with scientific directions of the university, namely: chemmotology, frictional chemistry, tribology, natural environment protection and living safety, certification and quality management, testing, diagnostics, admittance to production and use of fuels, lubricants and technical liquids, in particular, in aviation industry, with the purpose of solution of topical jobs of science and practice.

The tasks of chemmotology scientific direction also include:

1. Use and development of existent scientific-pedagogical potential to develop and

introduce innovative environmentally sound technology in the field of petrochemicals supply.

2. Organization of production of competitive highly technological scientific and technical production for the world market in order to increase efficient use of fuels, lubricants and technical liquids. Wide collaboration with foreign partners in this task.

3. Creation of necessary conditions for the highly skilled personnel training (retraining, internship, practical workers) for those industries of economy, where fuels and lubricants and technical liquids are used.

УДК 621.928.068

Вєрягіна Л. С., Матвєєва О. Л.
Національний авіаційний університет, Україна

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ЗАЧИЩЕННЯ РЕЗЕРВУАРІВ ПІДПРИЄМСТВ ПАЛИВОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Як відомо нафтопродуктозабезпечення – одна із міцних та важливих галузей економіки. На сьогодні неможливий прогресивний розвиток майже ні однієї галузі промисловості, транспорту, сільського господарства без застосування нафтопродуктів або продуктів нафтохімії, деякі з яких використовуються також для побутових потреб населення.

Процес обробки, зачистки резервуарів і ємностей, забруднених нафтою, нафтопродуктами, маслами, жирами та іншими рідкими вуглеводнями перетворилися в актуальну проблему нашого часу як з позиції екологічної, так і з точки зору великих фінансових затрат. Використанні в даний час для цих цілей технології пов'язані з великою собівартістю, низькою екологічністю та ефективністю, а також далеко не найкращими умовами праці. Тому, цілком очевидно є актуальність удосконалення технологій очищення резервуарів з використанням сучасних миючих засобів.

Відомо, що нафтозабезпечення здійснюють планово-економічні, виробничо-технічні та транспортні зв'язки між організаціями та підприємствами нафтодобувної, нафтопереробної та нафтохімічної промисловості, а також з багатомільйонними споживачами нафтопродуктів. До складу допоміжних операцій можуть бути віднесені очищення та зневоднення нафтопродуктів, змішання масел та палива, регенерація відпрацьованих масел, ремонт та виготовлення тари, ремонт технологічного обладнання, будівель та споруд, експлуатація котельних, транспорту та енергетичного обладнання.

Багато підприємств паливозабезпечення в технологічних процесах знежирення поверхонь до цих пір використовують миючі засоби, які відносяться до групи легкозаймистих, екологічно шкідливих рідин (ЛЗР) – ацетон, утайтспирт, бензин, різні розчинники і тощо. Тому багато підприємств перейшло на водорозчинні технічні миючі засоби, до яких відносяться каустична і кальцинована сода, Лабомід, Форс, Темп, Рик, МЛ, МС і тощо.

Слід зазначити, що водні розчини традиційних миючих засобів працюють по принципу розчинення вуглеводу в собі і підвищення ефективності зачищення

досягається збільшенням часу, температури обробки поверхні і лужності розчинів. Постійне збільшення цих характеристик веде до неприйвного і великому зросту використання енергоресурсів, а також різкому погіршенню умов праці робітників і рівня охорони навколишнього середовища. Низькі температури або недостатність часу обробки поверхонь, а також використання мало ефективних традиційних миючих засобів призводить до неякісної підготовки поверхні.

Частки високої собівартості є великі первинні капітальні витрати і великі експлуатаційні витрати, включаючи значні теплоенерго витрати і водовикористання, необхідних в стаціонарних очисних будівлях і обладнання для сепарації вуглеводнів, велику кількість вжитих традиційних технічних миючих засобів і захисних покриттів. Ці недоліки відсутні при використанні водних розчинів миючих засобів «О-БИС». На відміну від традиційних миючих засобів, розчинюючих і емульгуючих вуглеводневих забруднень, самоочищуючі розчини зривають це забруднення, змочують тверду поверхню і за рахунок взаємодії сил поверхневого на тяжіння відривають її від забруднювача.

В процесах термообробки, пасивації, азотування, а також тривалого контакту з вуглеводами поверхня металу покривається плівкою, яка захищає метал від корозії. Пропаровування і мийка поверхонь киплячою водою або лужним розчином руйнують цю захисну плівку. Самоочищуючі розчини сприяють утворенню захисної плівки і в тих випадках, коли поверхня металу не була захищена. Наявність такої плівки зменшує час наступних зачищень, і покращує їх якість.

У зв'язку з цим вкрай актуальною стала заміна традиційних технологій на більш прогресивні, економічні, підвищуючи якість очистки і антикорозійного захисту відмитих поверхонь і дозволяючи організовувати замкнутий безвідходний процес відділення вуглеводних сполук. Таким чином можливо вирішення проблеми зниження забруднення навколишнього середовища, а також значно знизити енерго- і водовикористання при значному зменшенні потреби в хімікатах для виробничих потреб.

Nikitchenko J. S., Zaporozets O. I.
National Aviation University, Ukraine

PYROCONDENSATE APPLICATION FOR PRODUCTION OF ALTERNATIVE FUEL-LUBRICANT MATERIALS

Road transport and infrastructure of vehicle complex are the main polluters of the surround environment and consumers of energy. Unconformity of vehicles to the environmental requirements and increase in geometric progression of traffic flow led to increased consumption of light oils, causing deterioration of environmental conditions around the World.

If you look on the problem of environment pollution and consumption of oil products from the other point of view, you'll see two factors, which in combination give an effectively solution: recycling of scrap tires with obtaining of alternative fuel-lubricant materials.

Scrap tires – multi-tonnage wastes - occupy a considerable space in landfills, do not decompose in biological way, serve as ideal breeding place for insects and rodents that may carry infectious diseases. Burning tires in the open air at all can lead to environmental disaster with significant regional scale losses and catastrophic consequences.

At that scrap tires are unique waste: depending on the selected processing technology, you can get secondary raw material for various industries: oil refining, construction, manufacture of rubber products and others. And in terms of lack of natural resources a thermal processing of post-consumer tires is the most effective method, as “energy” production capacity of the proposed technology for processing of used tires and rubber waste can reach 85–90% in a total of secondary energy products that exert as alternative substitutions of natural energy (for example, for natural gas, coal or motor fuels).

Among secondary products of thermal processing of scrap tires a pyrocondensate is the most promising for production of various alternative fuels.

Pyrocondensate – liquid hydrocarbon fraction – formed at condensation of vapor-gas mixture during the time of decomposition of rubber-content waste, in our case, treatment of scrap tires. This is a complex mixture of individual hydrocarbons, composite structure of which depends on the conditions of heat treatment process development, so it does not have specified physical constants and its composition and properties can vary substantially under the following conditions:

- If the heat treatment do not follow well-defined temperature and pressure according to the technological regulation of the production process, that allowed variations of these indicators;

- If used catalysts (e.g., waste oil);

- If do not support necessary conditions of product storage.

Regarding to practical application in wide meaning, pyrocondensate is recommended in use as a component for production of stove oil with low content of sulphur, which will be use in heat generators for domestic heating plants or asphalt mixtures for road construction, because low chemical stability of pyrocondensate is acceptable for these technologies, although it should enforce limits on flash point – not below 45° C. Also it can be use as a component of low-viscosity fuels for ships.

Today’s practice of pyrocondensate application in Ukraine is mainly involves its use as stove oil. But an important prerequisite for this application is additional finishing to standards of current regulation, for example with Technical Conditions (TC) 38.101656 Stove domestic oil: technical conditions.

First of all, it is necessary to pre-allocate a gasoline fraction, the content of which is approx. about 30%. Distillation temperature of 10% hydrocarbon product is quite low in compare with norm TC. Availability of gasoline fractions in the stove oil is not allowed as they may cause fire or explosion during exploitation of equipment.

To achieve other necessary parameters it can be normalized using the method of mixing of liquid hydrocarbons with other oil products, at that it should be remembered that when you add more light fractions flashpoint will decrease. Or use special chemicals in the form of supplements and additives.

Production of masut is another field of pyrocondensate application. After additional cleaning from solid inclusions by filtration methods, centrifugation or electrodeposition

there can be obtained masut M100 and M40 with low content of sulphur. Obtained masut can be oxidized and carry to high-sort bond mixture for mix asphalt concretes or construction bitumen.

As the liquid hydrocarbons are mainly concentrate of naphthene-olefine-aromatic hydrocarbons (about 94%), it can serve as a valuable raw material for production of high-quality fuel of cyclane-paraffin basis. For this purpose pyrocondensate should be expose to high-temperature hydrogenation and hydrofining (total sulfur content is 0,73% mass).

Moreover, method of atmospheric distillation can allow getting a hydrocarbon fraction with the temperature limits of boil-off 38–180°C (gasoline fraction). This gasoline fraction is characterized by increased content of unsaturated hydrocarbons (approx. 25%), it's recommended to use not more 10% vol. of this fraction as an integral high-octane component at manufacturing of commercial gasoline. Octane number of this gasoline fraction is 75–85.

Thanks to increased content of aromatic hydrocarbons liquid fraction is characterized by good anti-detonation properties. But chemical stability is significantly reduces due to presence of unsaturated hydrocarbons, especially styrene and combined dienes. Gasoline fraction is mostly use as high-octane component for gasoline and after treatment (reform) can be use at compounding with distillation fractions of oil and other petroleum products for manufacturing of ready-mixed gasoline.

Unsaturated (olefin) hydrocarbons which are contained in the pyrolysis product is recommended to remove by the method of atmospheric or azeotrope distillation. This distilled product can be use for preparation of composite mixtures of selective solvents, which serve to remove the resinous oil-paraffin sediment, sludge and contaminants from sediment ponds accumulating oil refineries, storage tanks and pumping oil and petroleum products. Content of limonene and other terpene hydrocarbons not exceed 1,5%.

Fraction with the temperature limits of boil-off 180–350°C, which contains mostly unsaturated and aromatic hydrocarbons, is a valuable raw material for manufacturing of alkyl benzene, naphthalene, polymers and other chemical raw materials and intermediates.

Since the researched product contains high-resinous compounds and contaminations, then preliminary stage vacuum filtering and decantation of specified product at a temperature of 50–60°C should be present for further chemical processing and technology treatment to reduce the content of these compounds and additives.

So, given the above material should conclude that pyrocondensate is a promising substitute for scarce natural resources, particularly oil products. Widespread intercalation of this product will facilitate a solving of environmental problems connected with accumulation of rubber-content and multi-tonnage scrap tire's waste, and will form the basis for the development of a new industry field on waste treatment and use of secondary products and raw materials as an example of environmental management.

N. Zakharchuk

Azov Greases and Oils JSC, Ukraine

MECHANICAL STABILITY OF LUBRICATING GREASES AND ITS ASSESSMENT

Lubricating grease is one of the most important and irreplaceable lubricating material. It provides the reliability and durability of service performance of the wide variety of modern technical devices. The production of this kind of lubricants is significantly less than total production volumes of lubricating oils. However the number of friction points being lubricated by lubricating greases is well above those that are lubricated by oils. The number of friction points for which greases are used increases every year, i.e. the field of their application is essentially broadening. The increasing of the field of application of greases at stable production level is a result of significant improvement of the quality of these products, and development of multifunctional long-operating (“eternal”) greases produced with highly efficient base oils, new thickeners and different additives.

Mechanical properties of greases and their service performance are predetermined by the nature and structure of their structural matrix to a great extent. Greases undergo different kinds of deformations while being filled into the friction points and, especially, during their operation. An application of force exceeding the fluidity limit during the deformation of greases leads to the destruction of structural matrix, and, as a result, the firmness of the grease decreases.

The structure of grease can be restored in the time of less intensive deformation or rest. Therefore, during the friction point operation the processes of destruction and restoration of grease structure combined with the change of their mechanical properties take turns continuously. While being applied, the grease can be destroyed to such an extent that it will not be able to withstand forces which are trying to throw it away from the lubricated device. Normal operation of a friction point can be ensured only in the case of grease having enough resistance to a mechanical destruction, i.e. grease being mechanically stable. Consequently, the change of volumetric and mechanical properties of grease, for example, the change of breaking point, as a result of mechanical handling and the following its rest is called mechanical stability.

Mechanical stability of greases is regulated by GOST 19295. According to this state standard, the firmness limit for rupture is determined for initial undestroyed grease, for destroyed grease, and for the grease that has rested for some specific time. GOST 19295 also sets the determination of destruction index and shear stability index.

In accordance with this standard, with the help of a method for mechanical stability assessment rheological state of grease in a friction point is assessed. Breaking point for rupture of initial grease is characteristic of its state in a bearing before its operation and also for that part of grease which is located out of friction area during the operation. Grease in a friction area, for example, bearing raceway, can be relatively characterized (depending on its deformation degree) by breaking point of a destroyed grease; and after the stop of bearing, depending on its length, it can be described by breaking point after rest.

Different grease depending on their composition (disperse medium, dispersed

phase, presence of fillers, additives, etc.) and technology of production have significantly different dynamics for breaking points change.

Mechanical stability is an important service performance characteristic of greases that are used in the roller bearings and especially of those, used in all kinds of joints, flat bearings, sliding bearings, since in this case the whole volume of grease is involved in operation. Mechanically unstable grease, i.e. the one that is heavily destroyed and that can not renew its initial properties after removal of deforming loads can flow out the friction point. A significant sealing of grease after its destruction and the following rest is also unwanted. Dry friction can appear in this case because of the grease not leaking to a friction area.

There are also other methods for mechanical stability assessment. According to methodologies of ASTM D 217 – 1150 and FTMS 313 mechanical stability assessment is conducted by determination of grease penetration after 100000 double hits (the mixing in penetrometer's mixer. The other method is also based on the evaluation of grease penetration before and after its destruction in a device of Roll Schel Test (ASTM D 1831).

All these methods have some lacks in common, including methodological ones (for example, the time of experiment), and also practical ones (limits to application and different efficiency for different kinds of greases). Thus, the device and methodological recommendations for assessment of mechanical stability of lubricating greases is being developed. It should eliminate the lacks of methods mentioned above. This methodology will allow technicians to optimize the assessment of mechanical stability and conduct the determination of it for different kinds of lubricating greases with a goal of creating recommendations for improvement of greases production and service performance.

Лазорко О. І.

ВАТ «Укртранснафта», Україна

РОЗРОБЛЕННЯ ОСНОВ ТЕХНОЛОГІЇ ОКСИДАЦІЙНОГО ЗНЕСІРЧУВАННЯ ДИЗЕЛЬНИХ ФРАКЦІЙ

Підвищення вимог до екологічних властивостей моторних палив вимагає, в першу чергу, зменшення в них допустимого вмісту сірчистих сполук. В Україні дозволяється виробляти дизельні палива (ДП) за двома нормативними документами: ДСТУ 3868-99 (допустимий вміст сірки – 0,2-0,05 % мас.), ДСТУ 4840:2007 (допустимий вміст сірки – 0,001–0,005 % мас.). Відсутність технології знесірчування дизельних фракцій на ряді заводів України не дає змоги отримувати ДП із вмістом сірки, навіть меншим від 0,2 % мас.

Водночас єдина на сьогодні широко використовувана промислова технологія очищення нафтової сировини від сполук сірки – гідроочищення (ГО) – має ряд недоліків, головними з яких є: погіршення у очищеному продукті змащувальних та антиокиснювальних властивостей; неспроможність видалити деякі похідні тіофену, висока вартість процесу.

Вказані вище недоліки вимагають створення принципово нових технологій очищення нафтових фракцій. До таких процесів можна віднести оксидацийне

знесірчування (ОЗ) нафтової сировини. Суть даної технології полягає у вилученні сірчистих сполук шляхом перетворення їх під дією окисника у сульфоксида та сульфони з подальшим відділенням останніх відомими методами (адсорбцією, екстракцією, ректифікацією).

Переважаюча більшість розробок процесу ОЗ спрямована на доочищення палив, отриманих у процесі гідроочищення. У цих процесах пропонується використовувати порівняно дорогі окисники та каталізатори. Знесірчування ж окисдаційним методом прямогонної сировини практично не вивчалось. Також у літературі обмаль інформації про практичне застосування продуктів окиснення. У своїх дослідженнях ми вирішили піти іншим шляхом: для окиснення використовувати повітря та проводити процес без каталізаторів або у присутності порівняно дешевих типових каталізаторів окиснення вуглеводнів з отриманням товарних дизельних палив. Зрозуміло, що при цьому буде утворюватися більше продуктів окиснення вуглеводневого середовища, яким треба знайти практичне застосування.

Окиснення проводилося на укрупненій установці, створеній на каф. ХТНГ, основним апаратом якої є реактор барботажного типу. При потребі перемішування реакційної суміші в реакторі здійснюється за допомогою пропелерної мішалки.

Для досліджень на двох вітчизняних заводах було відібрано три прямогонних широких дизельних фракції. Крім того, у експериментах використовувався гідрогеніза́т дизельного палива, отриманий на ВАТ «Укртатнафта».

У результаті, жодна з вихідних широких дизельних фракцій не відповідає вимогам до товарних дизельних палив щодо вмісту загальної сірки у них та за деякими іншими показниками. Вміст сірки у гідрогеніза́ті був більшим, ніж вимагається для палив за ДСТУ 4840:2007.

Для вибору правильного підходу до організації процесу знесірчування зразки сировини було розігнано на окремі вужчі фракції.

Видно, що основна маса сірки та сполук, здатних до реакцій конденсації, зосереджена у важчих фракціях.

Окрім того, результати показали, що у випадку потреби одержання товарного ДП з вмістом сірки до 0,2 % мас. при використанні ШДФ1 достатньо знесірчувати лише фракцію > 320 °С, яка становить близько 20 % мас., ШДФ2 – фракція > 280°С, що становить менше 50% мас. від загальної кількості. У випадку використання як сировини прямогонної дизельної фракції з дуже високим вмістом сірки (ШДФ3) навіть найлегші фракції мають загальний вміст сірки, більший від 0,2% мас., а отже знесірчуванню треба піддавати або всі окремі фракції, або цілу сировину.

Дослідження проводили у три етапи.

На першому етапі досліджували загальні тенденції процесу на різних типах сировини, а саме: вибирали умови проведення окиснення; встановлювали можливість використання води і типових каталізаторів окиснення; порівнювали ефективність знесірчування різних типів прямогонної сировини, окремих їх фракцій та гідрогеніза́ту; досліджували способи розділення продуктів окиснення.

На другому етапі визначали вплив основних чинників на процес знесірчування з використанням сировини, яка найгірше піддається десульфуризації з поміж зразків, що використовувалися на першому етапі.

На кінець, третій етап був присвячений розробленню основ технології.

Для характеристики гідродинамічних параметрів процесу використовували поняття об'ємної швидкості подачі оксиданту, лінійної швидкості руху оксиданту та фіктивного часу контакту між оксидантом і сировиною.

Дослідження проводили, виходячи з потреби вилучення максимальної кількості сірчистих сполук при мінімальному окисненні вуглеводневого середовища, тому головними показниками, що визначалися в ході досліджень були:

- вміст сірки у очищеному паливі та оксидаті (характеризує селективність окиснення сірчистих сполук та, відповідно, ефективність процесу);
- вміст фактичних смол та кислотність очищеного палива і оксидату, вихід твердих та рідких продуктів окиснення (характеризують ступінь окиснення вуглеводневого середовища).

Результати дослідження показують, що процес необхідно поводити, коли сировина та вода знаходять у рідкому стані (при тисках понад 2,5–3,0 МПа): зменшується сумарний вихід продуктів окиснення (рідких та твердих), збільшується ступінь вилучення сірки, тобто зростає загальна селективність процесу. Пояснюється це наступними чинниками:

- при перебігу процесу в паро-газовій фазі (тиски 0,5–1,0 МПа) втрачаються з повітрям та парою води низькокиплячі малосірчисті фракції;
- у рідкому стані в присутності води частково може змінюватися хімізм процесу (порівняно з парофазним), про що детальніше я розповім далі.

Збільшення тиску від 3,0 МПа до 4,0 МПа на ступінь вилучення сірки фактично не впливає. Тому оптимальними слід вважати тиски 2,5–3,0 МПа.

Вивчення гідродинамічних параметрів полягало у наступному:

1) вивчити як впливають на процес раніше згадані чинники, від яких залежить тривалість та поверхня контакту у системі газ-рідина;

2) встановити чи можна процес проводити без перемішування.

Слід зазначити, що за всіх умов дослідження кількість кисню була більшою, ніж теоретично необхідна для повного окиснення всіх сірчистих сполук. З отриманих результатів видно, що збільшення лінійної швидкості руху понад 0,0030 м/с та фіктивного часу понад 35–36 практично не впливає на ступінь вилучення сірки, тобто окиснення сірчистих сполук проходить у кінетичній області.

Для характеристики інтенсивності механічного перемішування застосовували модифікований критерій Рейнольдса. Наявність механічного перемішування реакційного середовища практично не впливає на ступінь вилучення сірки, але спричинює збільшення інтенсивності окиснення вуглеводнів (зростає вихід твердої фази та КРІО, збільшується вміст фактичних смол та кислотність очищеного палива), тому процес необхідно проводити без перемішування.

Аналіз попередніх робіт показав, що додавання до реакційного середовища води може як пришвидшувати, так і сповільнювати реакції окиснення. Дослідження, проведені у цьому напрямку, показали, що додавання води до сировини позитивно впливає на процес: суттєво зменшується ступінь окиснення та ущільнення вуглеводневого середовища при цьому практично не змінюється, а деколи і збільшується, інтенсивність вилучення сірчистих сполук.

Пояснюється це зміною хімізму процесу. Згідно існуючих уявлень про механізм окиснення вуглеводнів процес перебігає через стадію утворення пероксидів та гідрпероксидів, які потім розкладаються. У нейтральному середовищі при підвищених температурах цей розклад відбувається за радикальним механізмом. При цьому утворюється багато кислот та вуглеводнів з подвійними зв'язками, які потім утворюють смоли та тверду фазу. У кислому середовищі реакції можуть проходити за іонним механізмом, при чому може перебігати перегрупування проміжних продуктів з отриманням у кінцевому випадку фенолів або третинних спиртів.

Дію на такий напрямок реакції проявляють тільки сильні кислоти. Можна припустити, що додавання у реакційне середовище води буде приводити до дисоціації утворених в ході процесу органічних кислот, тобто збільшувати їх «силу». Унаслідок цього буде зменшуватися загальний ступінь окиснення вуглеводневого середовища оскільки:

- міняється хімізм процесу;
- частина кислот переходить у водну фазу;
- феноли та третинні спирти, що утворюватимуться, навіть у невеликих кількостях (0,0005–0,1 %) проявляють себе як інгібітори окиснення.

При порівнянні ефективності знесірчування різних типів сировини (як у присутності води, так і без неї) прослідковується чітка залежність: ступінь вилучення сірки зростає зі зменшенням її вмісту у вихідній сировині. Порівняння дослідів також показує, що використання сировини вужчого фракційного складу дозволяє збільшити ступінь вилучення сірки (порівняно з сировиною ширшого фракційного складу).

Також слід зазначити, що дані наведені у роботі свідчать про те, що при використанні ШДФ1, ШДФ2 вдалося отримати паливо з вмістом сірки до 0,2 % мас.

Значно гірші результати отримуються при використанні найбільш високосірчистої сировини, тобто ШДФ3.

Причини цьому можуть бути дві:

- погана якість виділення продуктів окиснення;
- низька схильність до селективного окиснення сірчистих сполук ШДФ3.

Для вирішення цього питання з допомогою ІЧ-спектроскопії проводили аналіз сировини, продуктів та модельних сумішей. Порівняння спектрів рідкої фази оксидату (спектр 13), отриманої внаслідок ОЗ, та модельних сумішей з відомими кількостями сульфонових та сульфоксидних груп дозволяє стверджувати, що більше 95% вихідної сірки окиснюється до сульфонів та сульфоксидів, тобто у ході процесу окиснюються всі типи сіркоорганічних сполук, а основною причиною вищезгаданих незадовільних результатів було погане виділення окиснених сірчистих сполук, яке проводилося внаслідок перегонки.

Результати порівняння ефективності способів виділення продуктів окиснення при використанні ШДФ3 або окремих її частин, підтверджують дане припущення.

Видно, що адсорбційне виділення продуктів окиснення з рідкої фази оксидату легкої дизельної фракції (фр. 165–280°С) є набагато ефективнішим, чим перегонка. Для ефективного вилучення продуктів окиснення сірчистих сполук при використанні «важкої» високосірчистої сировини (ШДФ3, фр. > 280°С та 280–

350°С) необхідно застосовувати комбінацію ректифікації та адсорбції. При змішуванні очищених продуктів, характеристика яких наведена під №№ 9 та 10 у отримується паливо, вміст сірки у якому становить 0,19 % мас., тобто за цим показником продукт відповідає вимогам до товарних ДП.

З гідрогенізату, при використанні ректифікації вдається вилучати більше, чим 85% сірки, що залишилась після процесу гідроочистки, та отримувати паливо з вмістом сірки до 0,05% мас., а у випадку адсорбції ступінь вилучення сірки становив понад 92% і отримувалося пальне з вмістом сірки до 0,005% мас.

На останній ділянці першого етапу досліджень було встановлено, що типові каталізатори окиснення (такі, наприклад як оксид хрому, пірозольний поліхелат міді, стеарати кобальту та хрому) фактично впливають на процес, аналогічно воді, тому в подальших дослідженнях вирішено використовувати саме воду. Отже перший етап досліджень показав, що процес треба проводити при тисках 2,5–3,0 МПа без механічного перемішування у присутності води. Для розділення продуктів окиснення необхідно використовувати адсорбцію, або її комбінацію з ректифікацією. З усіх типів прямогонної сировини вдається отримувати товарний продукт з вмістом сірки до 0,2% мас., а при використанні гідрогенізату – з вмістом сірки до 0,05% мас. або 0,005% мас. На другому етапі, як я вже казав, досліджували як впливають основні чинники на процес знесірчування окремих фракцій сировини, яка найгірше піддається знесірчуванню. Для розділення продуктів окиснення треба було б використовувати адсорбцію. Але адсорбційне розділення у лабораторних умовах є досить громіздким та довготривалим процесом. З іншого боку при використанні будь-яких способів виділення продуктів окиснення чи їх комбінації, тенденція впливу чинників на процес зберігається. Тому при вивченні тенденцій впливу чинників на другому етапі використовували перегонку.

Дослідження впливу температури показує, що її зростання (до 180–220°С) приводить до зростання ступеня вилучення сірки. Подальше її збільшення спричинює лише зростання інтенсивності окиснення вуглеводневої сировини. Тому саме інтервал 180–220°С слід вважати оптимальним.

Надалі вивчався вплив кількості води, який був аналогічним попереднім результатам, отриманим на іншій сировині на першому етапі.

Зростання тривалості перебування сировини у реакторі спричиняє збільшення глибини окиснення як вуглеводнів, так і сірчистих сполук. Проте, ступінь вилучення останніх зростає лише до тривалості 20–30 хв. Тому саме цей відрізок часу слід вважати оптимальним.

Аналогічно тривалості на інтенсивність окиснення вуглеводнів та сірчистих сполук впливає об'ємна швидкість подачі повітря: максимум ступеня вилучення сірки досягається при 1,65 хв⁻¹ (при цьому фіктивний час контакту становить 35 с).

На основі вивчених закономірностей впливу чинників було розроблено емпіричні математичні моделі опису процесу та, спираючись на них, знайдено оптимальні умови. У встановлених оптимальних умовах проводилося знесірчування обох фракцій. Отримане паливо відповідає всім вимогам до товарних продуктів за ДСТУ 3868-99.

На основі проведених досліджень продуктів процесу можна стверджувати, що їх можна застосовувати у наступних напрямках:

- палива, отримані внаслідок оксидатійного оброблення, мають кращі змащуючі властивості, ніж прямогонні або гідроочищені аналоги. Для суттєвого покращання змащувальних властивостей гідроочищених палив можна додавати до них незначні кількості продуктів оксидатійного знесірчування;

- концентрати рідких продуктів окиснення можна використовувати як мастильно-холодильні рідини для оброблення металів;

- тверду фазу оксидату рекомендується додавати до товарних бітумів для збільшення адгезії та дуктильності.

На основі проведених досліджень запропоновано технологічну схему, що складається з блоку окиснення (основний апарат – колона 4) та двох блоків розділення продуктів: з допомогою ректифікації – колона 19 та внаслідок адсорбції – апарати 12, 13.

Проведені дослідження показали кілька принципових можливостей реалізації процесу в промисловості. Найперспективнішим видається напрямок, коли процес має порівно невелику продуктивність (до 100 тис. тонн/рік) і проводиться паралельно з гідроочищенням. Отриманий продукт додається до гідрогенізату для покращання його змащувальних властивостей. Зрозуміло, що реалізація процесу буде доцільною лише тоді, коли оксидатійний процес є щонайменше не дорожчим від гідрогенізаційного.

Як видно з наведених даних, валовий дохід від продажу продуктів, розрахований на 1 тону сировини, при оксидатійному знесірчуванні буде приблизно на 135 грн більшим, ніж при гідроочищенні. Можна також сказати, що затрати на паливо та енергію при оксидатійному очищенні будуть щонайменше у 1,5–2 рази меншими, ніж на установці гідроочистки. Тому, загалом, можна стверджувати про економічну доцільність реалізації процесу оксидатійного знесірчування прямогонних дизельних фракцій

УДК 621.43.019:661.666.4

Исаев А. В.

ФАУ «25 ГосНИИ химмотологии
Минобороны России», Российская Федерация

МЕХАНИЗМ ВНУТРИПЛАМЕННОЙ ГАЗИФИКАЦИИ ДИСПЕРСНОГО УГЛЕРОДА ПРИ ДИФфуЗИОННОМ ГОРЕНИИ УГЛЕВОДОРОДНЫХ ТОПЛИВ

Диффузионное пламя углеводородных (УВ) топлив, как правило, содержит аэрозоль раскаленных частиц дисперсного углерода (ДУ), излучение которых, наряду с другими эффектами, обуславливает обычно наблюдаемую желтую окраску пламени.

В условиях ламинарного диффузионного пламени (ЛДП) форма частиц ДУ благодаря электрическому заряду близка к сферической. При этом размеры частиц ДУ обычно составляют (2–80) нм, а в состав их входит до нескольких тысяч кристаллитов (рис. 1).



Рис. 1 – Схематическое представление структуры частицы ДУ

Агломераты сажи образуются лишь на режимах горения выше порога дымления ЛДП, они и составляют основную массу частиц дыма, выходящего из вершины пламени. При меньших расходах топлива ДУ, образующийся в пламени, полностью газифицируется.

Принято считать, что газификация ДУ – это физико-химический процесс, конечной стадией которого является гетерогенное реагирование углерода с CO_2 и H_2O , переводящее углерод из конденсированной фазы в составе сажевой частицы в газовую в составе молекул CO , с эффективной энергией активации порядка 130 кДж/моль. Однако наши расчеты с использованием уравнения, полученного на основе принципов молекулярно-кинетической

теории, и характеризующего скорость уменьшения числа атомов углерода N_C в частице ДУ от времени τ :

$$\frac{dN_C}{d\tau} = -n_{\text{Ox}}(\tau) \left\{ \frac{3}{\pi} \left[\frac{N_C m_C}{\rho_S} \right]^{\frac{1}{3}} \right\}^2 \left(\frac{8\pi kT}{m_{\text{Ox}}} \right)^{\frac{1}{2}} \exp\left(-\frac{E_a}{RT}\right), \quad (1)$$

показали, что по такому механизму для газификации частиц ДУ с поперечными размерами 100 нм в условиях ЛДП потребовалось бы более 20 с, что на 3 порядка больше времени пребывания в пламени и на 4 порядка – времени пребывания в зоне слабого желтого свечения (ЗСЖС на рис. 2), в которой находится основное количество CO_2 и H_2O в ЛДП. В то же время для газификации отдельных кристаллитов сажи, из которых состоят частиц ДУ, требуется около 1,5 мс, что соответствует времени пребывания в ЗСЖС. В (1) n_{Ox} – концентрация молекул-носителей «активного» кислорода CO_2 и H_2O в зоне газификации ДУ, м^{-3} ; m_{Ox} – среднее значение массы этих молекул, кг; m_C – масса атома С, кг; ρ_S – плотность материала ДУ, кг/м^3 ; k – постоянная Больцмана; T – температура, К; E_a – энергия активации взаимодействия углерода с CO_2 и H_2O , Дж/моль; R – универсальная газовая постоянная, Дж/моль·К.

Следовательно, процесс газификации ДУ в диффузионном пламени происходит по особому физико-химическому механизму, качественно отличающемуся от классического механизма газификации графита. Совокупность фактов, установленных нами при исследовании ЛДП различных УВ топлив: наличия четкой границы между зонами яркого и слабого желтого свечения (рис. 2), резкого усиления бокового рассеяния света при переходе через границу между этими зонами (это подтверждается и при рассмотрении ЛДП, рассеянного плоским лучом лазера (рис. 2а). На фотографии сечения пламени на фоне его изображения хорошо видно кольцо шириной, соответствующей ширине ЗСЖС, расположенное на месте этой зоны), увеличения протяженности ЗСЖС с ростом расхода топлива, а также исчезновения этой зоны при достижении порога дымления, – свидетельствует о взрывоподобном диспергировании частиц ДУ на границе между ЗЯЖС и ЗСЖС.

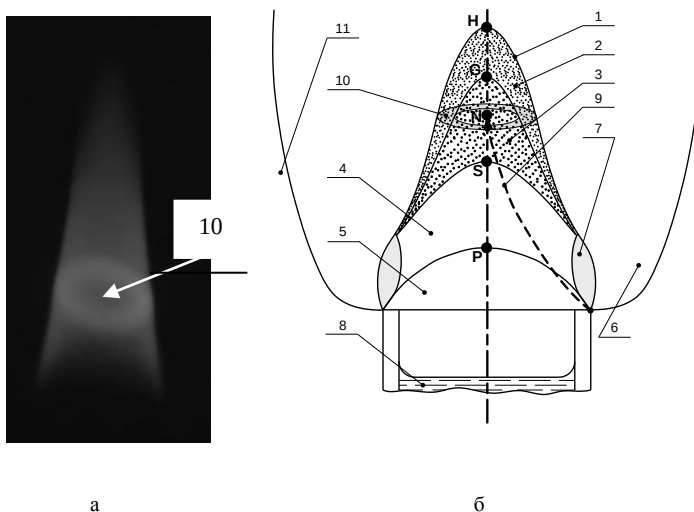


Рис. 2 – Структура ламинарного диффузионного пламени углеводородного топлива:
а) фотография пламени с визуализированным сечением зоны предполагаемой внутрипламенной газификации на его фоне; б) схема структуры пламени (1 – фронт пламени; 2 – ЗСЖС; 3 – ЗЯЖС; 4 – зона начального пиролиза; 5 – зона паров; 6 – диффузионно-температурный слой; 7 – зона голубого свечения; 8 – жидкое топливо; 9 – траектория диффузии CO_2 и H_2O ; 10 – визуализированное сечение зоны предполагаемой внутрипламенной газификации ДУ; 11 – воздух).

Такое диспергирование частиц ДУ является необходимым условием некоптящих режимов горения УВ топлив в ЛДП и, следовательно, полной газификации ДУ в пределах пламени.

Для установления причин диспергирования частиц ДУ на кристаллиты были проведены теоретические исследования условий сохранения и нарушения баланса сил, действующих на кристаллиты в составе одиночной частицы.

Кристаллиты объединяются в частицы ДУ под действием межмолекулярных сил. В то же время в условиях высоких температур в ЛДП в результате термоэлектронной эмиссии (ТЭЭ) частицы приобретают электрический заряд, и между кристаллитами действуют силы электростатического отталкивания.

Значение электрического заряда N_e частицы ДУ радиуса r_s в произвольный момент времени t можно оценить с помощью уравнения, полученного на базе известной из физики твердого тела формулы Ричардсона-Дэшмана для плотности тока эмиссии, с учетом конечных размеров частицы:

$$\frac{dN_e}{dt} = \frac{4\pi B_s [r_s(t)]^2}{q_e} \cdot T^2 \exp \left\{ -\frac{1}{kT} \left[\varphi_e + \frac{q_e^2}{4\pi\epsilon_0 [r_s(t)]} \cdot \left(N_e + \frac{1}{2} \right) \right] \right\}, \quad (2)$$

где $B_s = 4,8 \cdot 10^5 \text{ А/м}^2$ – константа, зависящая от свойств поверхности частиц ДУ; φ_e – работа выхода электрона для ДУ ($\approx 7,033 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$); q_e – заряд электрона, ϵ_0 – электрическая постоянная.

Как видно из рис. 3, частицы радиусом менее 2 нм в условиях ЛДП не имеют

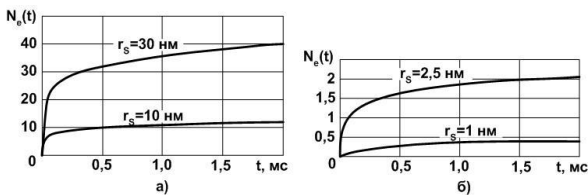


Рис. 3 - Зависимость заряда частиц ДУ N_e (в единицах элементарного заряда) от времени пребывания при фиксированной температуре $T=2300\text{K}$ и различных значениях эффективного радиуса частицы r_s .

заряда, тогда как крупные частицы очень быстро заряжаются. Этим различием «больших» и «малых» частиц в способности к приобретению электрического заряда и могут быть объяснены структура и форма сажевых частиц,

присутствующих в ЛДП. Электрически нейтральные кристаллиты могут коагулировать в большую частицу, а также осаждаться на уже существующих заряженных больших частицах, тогда как большие частицы, имеющие одноименный электрический заряд, не могут коагулировать до тех пор, пока не потеряют заряд. При этом заряд одиночной частицы существенно зависит также от температуры и работы выхода электрона, являющейся характеристикой состояния поверхности частицы ДУ.

Считая, что форма частицы ДУ сферическая, материал ее является проводником электрического тока, и весь электрический заряд частицы равномерно распределен между кристаллитами поверхностного слоя (рис. 4), равнодействующую сил отталкивания, действующую на каждый кристаллит, можно определить по формуле, полученной на основе закона Кулона с учетом рассмотренного уравнения ТЭЭ:

$$F_{\text{КС}} = \frac{\pi \varepsilon_0 k^2 T^2}{6 \psi q_e^2} \left(\frac{d_{\text{CR}}}{d_s} \right)^3 \cdot \left\{ \ln \left[1 + \frac{B_s d_s q_e T}{2 \varepsilon_0 k} \cdot e^{\left(\frac{\varphi_e + q_e^2}{4 \pi \varepsilon_0 d_s k T} \right)} \cdot t \right] \right\}^2. \quad (3)$$

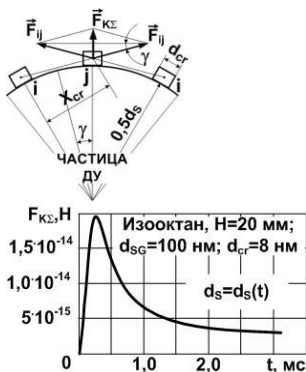


Рис. 4 – Схема расположения кристаллитов и характер зависимости равнодействующей сил электростатического отталкивания, приложенной к кристаллиту поверхностного слоя частицы ДУ, от времени

Как видно из (3) и рис.4, равнодействующая этих сил сильно зависит от размеров частицы и кристаллитов, а также от T и φ_e .

Результирующая межмолекулярных сил, удерживающих кристаллит на поверхности частиц ДУ, оценивалась на основе макроскопической теории Е.М. Лифшица с учетом размеров и температуры частиц, а также параметров структуры кристаллитов

сажи и их взаимного расположения, схематично показанного на рис. 5.

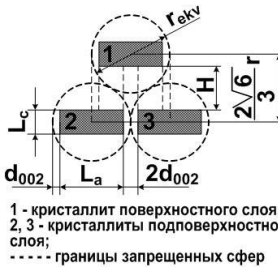


Рис. 5 - Схема взаимного расположения кристаллитов поверхностного и подповерхностного слоев частицы ДУ с учетом «связанного объема» по Онзагеру.

В результате геометрических построений и последующих преобразований были получены выражения, соответственно, для расстояния между поверхностями кристаллитов поверхностного и подповерхностного слоев и площади «пятна» контакта между ними:

$$H = \frac{2\sqrt{6}}{3} \left(\frac{1}{2} \sqrt{L_a^2 + L_c^2} + d_{002} \right) - L_c; \quad (4)$$

$$f_{cont} = 3r_{ekv}^2 \arcsin \sqrt{1 - \frac{L_a^2}{3r_{ekv}^2}} - \sqrt{3} L_a r_{ekv} \sqrt{1 - \frac{L_a^2}{3r_{ekv}^2}}, \quad (5)$$

где L_a и L_c – характерные размеры кристаллита, соответственно, в базисной плоскости и в направлении, нормальном ей; d_{002} – характерное расстояние между соседними сетками в пакете; $r_{ekv} = \frac{1}{2} \left(\sqrt{L_a^2 + L_c^2} + 2d_{002} \right) -$

радиус «запрещенной» сферы, соответствующей «связанному объему».

Сила притяжения, действующая на кристаллит, равна

$$F_d = f_{ud}(H) f_{cont}, \quad (6)$$

где $f_{ud}(H)$ – удельная сила межмолекулярного притяжения, выраженная в форме Гамакера:

$$f_{ud}(H) = \frac{A_s}{6\pi H^3}. \quad (7)$$

В (7) $A_s = K_r K_T \frac{3A_{s0}\hbar}{4\pi}$ – константа Гамакера для ДУ, K_r и K_T – множители,

учитывающие влияние, соответственно, кривизны поверхности кристаллита и ее температуры; $\hbar = 1,05459 \cdot 10^{-34}$ Дж·с – постоянная Планка, $A_{s0} = 5,56 \cdot 10^{16} \text{ с}^{-1}$ – константа межмолекулярного притяжения для ДУ.

Как видно из полученных соотношений, силы межмолекулярного притяжения зависят только от параметров кристаллитов, составляющих частицу ДУ, в то время как общие размеры самой частицы никакого влияния на эти силы не оказывают.

Результаты численного эксперимента показали, что на возможность диспергирования частицы ДУ определяющее влияние оказывает соотношение размеров частицы и составляющих ее кристаллитов (фрагменты 1 - 4 на рис. 6).

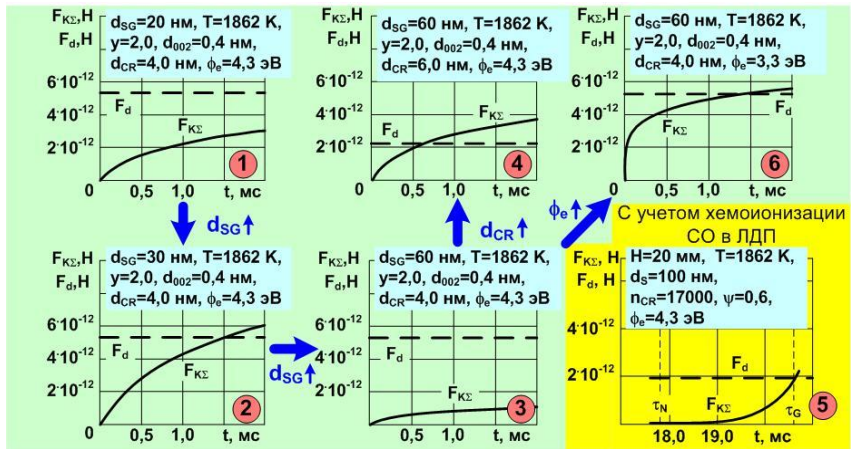


Рис. 6 Зависимость баланса сил взаимодействия кристаллитов в составе частицы ДУ от различных факторов

При этом для нарушения баланса сил, действующих на кристаллит поверхностного слоя крупной частицы не достаточно только термоэлектронной эмиссии. Этот баланс может нарушиться в пользу сил кулоновского отталкивания, например, при хемоионизации молекул СО, покидающих частицу на начальной стадии газификации, которая протекает на подходе к границе между ЗЯЖС и ЗСЖС. Применительно к пламени изооктана высотой 20 мм это может произойти при доле отрицательно заряженных ионов CO^- в образующемся СО, равной 0,0001 (фрагмент 5 на рис. 6).

Диспергирование частиц ДУ существенно облегчается при наличии в составе ДУ атомов щелочноземельных металлов антидымных присадок, т.к. при этом снижается работа выхода электрона и увеличивается заряд частицы (фрагмент 6 на рис. 6).

В рамках рассмотренного механизма внутрипламенной газификации ДУ может быть объяснено и закономерное уменьшение высоты некоптящего пламени с увеличением склонности топлив к сажеобразованию.

Переход к сжиганию более склонного к сажеобразованию топлива сопровождается (при условии постоянства высоты пламени и расхода топлива) понижением нижней границы ЗЯЖС за счет уменьшения времени протекания досажевого пиролиза. Благодаря этому увеличивается время пребывания продуктов в ЗЯЖС, где происходит рост частиц ДУ. Поэтому при увеличении расхода топлива с более высокой склонностью к сажеобразованию раньше достигаются пороговые значения размеров частиц ДУ, что и означает понижение высоты некоптящего пламени. Дополнительным фактором, усиливающим указанные различия, является понижение температуры пламени за счет потерь

энергии излучением частиц ДУ в окружающую среду.

Таким образом, механизм быстрой внутрипламенной газификации ДУ в диффузионном пламени углеводородного топлива может быть объяснен взрывоподобным разрушением сажевых частиц на составляющие их кристаллиты (такое разрушение происходит под действием нарастающих на начальном этапе газификации сил кулоновского отталкивания) и последующим реагированием частиц высокодисперсного аэрозоля с газами CO_2 и H_2O , которое протекает в кинетическом режиме, так как размеры кристаллитов существенно меньше длины свободного пробега молекул газа. Наступление же порога дымления объясняется достижением частицами ДУ в процессе их роста таких размеров, при которых их разрушение становится невозможным из-за недостаточности равнодействующей сил электростатического отталкивания, действующей на каждый отдельно взятый кристаллит. В результате требуемое для полной газификации время, увеличиваясь на 3-4 порядка, становится существенно больше времени пребывания в пламени.

Полученное объяснение механизма внутрипламенной газификации ДУ и его связи со склонностью углеводородных топлив к сажеобразованию открывает новые возможности для описания процессов, сопровождающих горение, в том числе в камерах сгорания ДВС.

УДК 665

Ластовец А. Н., Бойченко С. В., Шкильнюк И. А.
УкрНИИЦ химмотологии и сертификации ГСМ и ТЖ НАУ, Украина
Ардынцева А. В., Ближниченко С. К.
ПАТ «ЛУКОЙЛ-Одесский НПЗ», Украина

КАЧЕСТВО ТОПЛИВ ДЛЯ ВОЗДУШНО-РЕАКТИВНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Производство топлив для авиационных двигателей является одним из приоритетных направлений нефтеперерабатывающей отрасли мира. В первую очередь это связано с увеличением парка воздушных судов (ВС). По прогнозу маркетинговой фирмы Forecast International, в 2004–2013 гг. в мире будет построено 5835 больших пассажирских и транспортных самолетов. В настоящее время, по данным World Airfleet, в мире насчитывается около 2 тыс. авиакомпаний, которые располагают 50 тыс. самолетов.

Качество топлив для воздушно-реактивных двигателей (ВРД) в сравнении с другими нефтепродуктами в наибольшей степени зависит от природы нефти и пределов выкипания фракций, выделяемых при атмосферной перегонке. Фракции прямой перегонки очищают разными способами, обусловленными составом нефти и требованиями, предъявляемыми к качеству топлива. Некоторое количество топлив для реактивных двигателей получают каталитической деструктивной переработкой в присутствии водорода дистиллятов атмосферной или вакуумной перегонки и продуктов каталитического крекинга. Режим каталитической переработки зависит от качества сырья и, в свою очередь, практически полностью определяет качество топлива.

Современные экологические требования также предъявляют дополнительные

требование к качеству топлив для ВРД. Например, резолюция Европарламента об уменьшении последствий деятельности авиации для климатических изменений (INI/2005/2249) четко говорит о том, что: «Европейский парламент настоятельно призывает содействовать введению авиационного биотоплива, способствуя таким образом уменьшению последствий для климатических изменений».

Возможность применения по всему миру авиационных топлив для воздушно-реактивных двигателей (ВРД) с удовлетворительными характеристиками является основным требованием международной авиации. В сентябре 1957 г. в Стокгольме состоялось заседание представителей авиакомпаний и поставщиков топлива, а на следующем заседании во время 10-ой технической конференции IATA (Международной ассоциации воздушного транспорта) вышел в свет Руководящий материал IATA по авиационным топливам для ВРД, применяемых в гражданской авиации.

В настоящее время этим документом определены характеристики 4-х марок авиатоплив для газотурбинных двигателей: Jet A, Jet A-1, TC-1 (керосины), Jet B (широкофракционное топливо).

Как известно, категория качества имеет комплексный характер (ISO 8402). Качество топлив для ВРД определяется комплексом соответствий физико-химических, экологических и эксплуатационных свойств. Многие из свойств регламентируются соответствующими стандартами (международными, межгосударственными, национальными, отраслевыми и т.п.).

Принято различать следующие эксплуатационные свойства топлив для ВРД: прокачиваемость, испаряемость, воспламеняемость, горючесть, склонность к образованию отложений, совместимость с конструкционными материалами, противоизносные, защитные, охлаждающие и токсичность. Каждое эксплуатационное свойство характеризуется комплексом физико-химических показателей качества.

Для классификации и индексации топлив для реактивных двигателей в мире принято использовать показатели испаряемости (пределы выкипания), воспламеняемости (температура вспышки) и прокачиваемости (температура кристаллизации). Основные требования к качеству топлив для реактивных двигателей формируют: международная ассоциация воздушного транспорта (International Air Transport Association — IATA), американское общество по испытаниям материалов (American Society of Test Materials — ASTM), английская спецификация (DERD) и «контрольный перечень» («Check List»), В странах СНГ — государственные отраслевые стандарты (ГОСТ, ДСТУ, ГСТУ).

В Украине производятся две марки топлива для ВРД: РТ и ТС-1. Основными производителями топлива для ВРД являются Одесский, Кременчугский и Лисичанский НПЗ. Требования, предъявляемые к качеству этих топлив, регламентированы отраслевыми стандартами ОСТУ 320.00149943.007 «Паливо для реактивних двигунів марки «РТ». Технічні умови» и ОСТУ 320.00149943.011 «Паливо ТС-1 для реактивних двигунів. Технічні умови».

В большой степени качество топлива зависит от применяемых при изготовлении топлив присадок. В состав топлив для ВРД вводятся антистатические, противоводокристаллизационные, антиокислительные и противоизносные присадки.

Использование присадок в авиатопливах тщательно контролируется и ограничивается из-за потенциальной возможности нежелательных побочных эффектов. При некоторых обстоятельствах присадки могут оказывать влияние на поддержание чистоты топлива в процессе транспортировки, хранения и перекачки или неблагоприятно воздействовать на топливную систему самолета и на работу или техническое обслуживание газотурбинного двигателя.

Могут использоваться только допущенные к применению присадки в количестве и составе, одобренными самолетостроителями и изготовителями двигателей, и указанные соответствующими органами – разработчиками спецификации.

Спецификации определяют требования к присадкам, следующим образом:

обязательное использование – должны присутствовать в установленных минимальном и максимальном пределах или в пределах свойств;

использование по усмотрению – можно добавлять до максимальной концентрации или в пределах свойств;

использование по соглашению – можно добавлять только по соглашению с потребителем/покупателем в установленных пределах.

С вступлением Украины в единое торговое пространство встал вопрос об унификации и оптимизации требований к качеству производимых товаров, в частности авиационных топлив.

Подавляющее число стран, включая такие крупные как Китай и Индия, производит реактивные топлива для гражданской авиации типа Jet A-1, отвечающие требованиям ASTM D 1655 (США) и DEF STAN 91-91 (Англия). Топлива для ВРД украинского производства – ТС-1 и РТ несмотря на отличия от топлива Jet A-1, по большей части показателей качества не уступают этому топливу, а по ряду показателей превосходят его. Анализ данных табл. показывает, что отечественные марки авиационного топлива не уступают по уровню качества топливам других стран (на примере Российской Федерации и США), а по некоторым показателям даже превосходят их.

Однако различия норм на отдельные показатели качества и методы их определения не позволяют считать украинские топлива полностью соответствующими зарубежными. Наиболее широко применяемое в Украине топливо ТС-1 производят в основном прямой перегонкой нефти, вследствие чего его физико-химические и эксплуатационные свойства полностью зависят от качества перерабатываемой нефти. Если этим способом получить топливо ТС-1 требуемого качества не удастся, то его получают с применением процесса демеркаптаннизации или путём смешения прямогонного компонента с гидроочищенным или демеркаптаннизованным.

Украинские и зарубежные стандарты регламентируют практически одни и те же эксплуатационные свойства топлив, в том числе и противоизносные свойства, определение которых предусматривает DEF STAN 91-91, но не предусматривает ГОСТ 10227. ОСТы Украины предусматривают оценку этих свойств при сертификационных испытаниях.

Не смотря на то, что серийные отечественные реактивные топлива марок ТС-1 и РТ (ГСТУ) существенно превосходят реактивное топливо Jet A-1 по ряду эксплуатационных свойств и физико-химических показателей, их применение на

авиационных двигателях компаниями «Pratt and Whitney», Rolls-Royce», «General electric» существенно ограничено. Это связано с различными подходами к оценке надёжности работы авиационной техники в зависимости от эксплуатационных свойств топлив для ВРД.

В отечественной практике надёжную работу топливных систем ВС оценивают в первую очередь по прокачиваемости и склонности топлив к образованию отложений. За рубежом доминирующим эксплуатационным свойством топлив для ВРД является пожаробезопасность. Эти различия отражены в стандартах Украины (ОСТУ), США (ASTM D 1655) и Великобритании (DEF STAN 91-91).

В Центральном институте авиационного моторостроения (ЦИАМ) установлена корреляция между обобщённым показателем K противоизносных свойств топлива, определяемых по методу КМКО на стенде УПС-01, и диаметром пятна износа, характеризующим эти свойства при оценке их на приборе BOCLE по методу ASTM 5001, по которому предусмотрено определение противоизносных свойств топлива Jet A-1 в ASTM D 1655 (США) и DEF STAN 91-91 (Англия). Установленной этими стандартами норме на диаметр пятна износа – не более 0,85 мм соответствует значение $K = 68\%$, которое существенно ниже нормы КМКО для топлива РТ – не менее 95% и статистических значений этого показателя для топлива ТС-1 – 76–169%. Эти результаты убедительно свидетельствуют о превосходстве качества отечественного топлива над лучшими зарубежными продуктами. Сравнительная характеристика основных показателей качества отечественных и зарубежных топлив также свидетельствует о превосходстве отечественных топлив.

Установившийся опыт ограничения применения отечественных топлив на двигателях зарубежных компаний неоправдан. Исходя из представленного анализа необходимо ограничивать применение зарубежных топлив на отечественных самолетах из-за неудовлетворительных противоизносных свойств.

К моменту проведения чемпионата «Евро 2012» необходимо провести сравнительные испытания эксплуатационных и физико-химических свойств по методам и методикам, принятым в Украине, топлива РТ Одесского НПЗ и образцов топлива Jet A-1. Обеспечить в необходимом количестве информацией аэропорты городов, в которых будут проводиться финальные игры «Евро 2012». Особенно это важно для чартерных рейсов частных самолетов, экипажи которых мало знакомы с качеством топлива украинского производства.

УДК 66.067.3.812

Коваленко В. П., Галко С. А., Думболов Д. У.
ФАУ «25 ГОСНИИ химмотологии Минобороны России», Российская Федерация

СРЕДСТВА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЧИСТОТЫ АВИАГСМ ПРИ ТРАНСПОРТНО-СКЛАДСКИХ И ЗАПРАВОЧНЫХ ОПЕРАЦИЯХ

Общеизвестно, что содержащиеся в горюче-смазочных материалах загрязнения оказывают на работу топливных, масляных и гидравлических систем

отрицательное воздействие, поэтому вопросы поддержания требуемой чистоты этих продуктов играют важную роль в повышении надёжности эксплуатации воздушных судов и в обеспечении безопасности полётов

Поддержание необходимого уровня чистоты нефтепродуктов может осуществляться как путём предупреждения попадания в них загрязнений, так и путём очистки загрязнённых нефтепродуктов. К профилактическим мероприятиям относится защита топлив и масел от атмосферных, контактных, от остаточных загрязнений и т.д. Однако при всей важности профилактических и защитных мероприятий, направленных на поддержание чистоты топлив и масел, осуществление этих мероприятий не может полностью решить указанную задачу, поэтому для снижения загрязнённости нефтепродуктов необходимо принимать меры восстановительного характера – производить очистку этих продуктов от загрязнений с помощью соответствующего оборудования.

Для удаления загрязняющих веществ из нефтепродуктов известно много различных способов, однако наиболее распространённым является их фильтрование через пористые перегородки. Широкое распространение фильтров связано с тем, что эти устройства обладают рядом преимуществ по сравнению с другими средствами очистки нефтепродуктов: стабильной тонкостью очистки, не зависящей от характера загрязнений; сравнительной простотой конструкции; отсутствием потребности в других источниках энергии; отсутствием факторов повышенной опасности – движущихся частей, токонесущих деталей, высокого гидравлического давления и т.п. Однако применение фильтров имеет особенности, затрудняющие эксплуатацию и обслуживание этих устройств. К недостаткам фильтров относится ограниченный ресурс работы, связанный с закупориванием пор фильтрующей перегородки загрязнениями, что требует ее периодической замены или промывки, а также несоответствие используемых в настоящее время фильтрационных материалов современным требованиям.

Для повышения эффективности очистки топлив и масел, используемых при эксплуатации авиационной техники, наиболее перспективными направлениями по нашему мнению являются:

- применение фильтров с пористыми перегородками из перспективных материалов, обладающих необходимыми фильтрационными и водоотделяющими свойствами, а также способностью к многократному восстановлению этих свойств;
- использование фильтроэлементов, конструкция которых даёт возможность существенно повысить грязёёмкость фильтров без значительного увеличения их габаритных размеров;
- разработка фильтров, конструкция которых позволяет осуществить непрерывную или периодическую регенерацию фильтрующей перегородки непосредственно на фильтре без его разборки и без остановки процесса очистки;
- создание комбинированных средств очистки с использованием различных физических явлений.

К перспективным фильтрующим материалам для очистки нефтепродуктов относятся принципиально новые высокопористые материалы, имеющие пространственно-глобулярную структуру – ПГС-полимеры. Преимуществами ПГС-полимеров по сравнению с другими пористыми полимерными материалами

являются совершенная пористая структура при узком распределении пор по размерам, высокая тонкость очистки, возможность придания материалу заданных функциональных свойств (гидрофобных, гидрофильных, сорбционных и т.п.), высокая механическая прочность, хорошая технологичность при обработке, возможность регенерации путём обратной продувки или промывки, простота изготовления с применением стандартного оборудования. Использование этих материалов для очистки нефтепродуктов показало их высокую эффективность. В настоящее время разработан ряд конструкций фильтров для очистки нефтепродуктов с фильтроэлементами, изготовленными из ПГС-полимеров.

Для повышения ресурса работы фильтров разработаны двухступенчатые фильтроэлементы, у которых соотношение тонкости очистки первой и второй ступеней выбрано на основании экспериментально полученных вероятностных соотношений таким образом, что обе ступени работают в оптимальном режиме фильтрования – с постепенным закупориванием пор, а равноресурсность обеих ступеней достигается за счёт развития рабочей поверхности второй ступени, выполненной в виде набора конических дисков и обладающей более высокой тонкостью очистки. При этом габаритные размеры фильтра практически не увеличиваются по сравнению с одноступенчатым фильтром, имеющим такую же пропускную способность.

Частичная регенерация фильтроэлементов в процессе работы фильтров может быть достигнута путём использования гидродинамических фильтров, в которых одновременно осуществляются процесс фильтрования топлива или масла через пористую перегородку и процесс гидродинамического воздействия инерционных сил потока на загрязнения, непрерывно удаляющиеся с поверхности этой перегородки. Разработана конструкция гидродинамического фильтра с фильтроэлементом из ПГС-полимера, использование в котором ПГС-полимеров с гидрофобными свойствами позволяет решить задачу удаления из топлив и масел наряду с твёрдыми частицами загрязнений также и эмульсионной воды.

Особенностью предложенной конструкции является наличие во внутренней полости фильтроэлемента конической вставки, обеспечивающей равномерную подачу очищаемого продукта на рабочую поверхность фильтроэлемента. Это условие будет соблюдено, если вертикальная скорость продукта по всей высоте фильтроэлемента также будет постоянной. Поскольку недостатком гидродинамических фильтров с неподвижным фильтроэлементом является необходимость сброса некоторого количества очищаемого продукта для обеспечения его течения вдоль внутренней поверхности фильтроэлемента по всей её высоте, целесообразно на базе гидродинамического фильтра создать комбинированное устройство с использованием для очистки сбрасываемой части продукта центробежного очистителя – гидроциклона. Однако давление в потоке продукта, очищенного в гидроциклоне, ниже, чем давление жидкости на выходе из гидродинамического фильтра, поэтому для отвода очищенного в гидроциклоне продукта целесообразно установленную во внутренней полости фильтрующего элемента коническую вставку выполнить пустотелой и использовать её в качестве камеры приёма очищенной жидкости, соединив её внутреннее пространство с входным патрубком гидродинамического фильтра, на котором следует установить струйный аппарат для инъекции поступающего из гидроциклона продукта в поток

горючего или масла, подаваемого для очистки в гидродинамический фильтр.

Проведенные испытания показали, что для повышения эффективности обезвоживания продукта фильтрующую перегородку целесообразно изготавливать из ПГС-полимера, обладающего гидрофильными свойствами, что обеспечит укрупнение микрокапель воды в порах перегородки и их выпадение из потока нефтепродукта на выходе из фильтроэлемента, а по ходу потока после фильтроэлемента для предотвращения проскока микрокапель воды, не скагулировавшихся в порах фильтрующей перегородки или раздробившихся при выходе из неё, следует устанавливать водоотталкивающую перегородку, изготовленную из металлической сетки с гидрофобным фторопластовым покрытием.

К комбинированным устройствам для очистки нефтепродуктов относится очиститель, в котором для очистки нефтепродуктов применяются эффекты, основанные на взаимодействии центробежного, трибоэлектрического, магнитного и гравитационного полей с содержащимися в жидкости загрязнениями. Устройство монтируется в цилиндрическом корпусе, внутри которого установлены трибоэлектризаторы, выполненные в виде цилиндрических перегородок из материалов, в которых при контакте с очищаемым продуктом возникают электростатические заряды противоположного знака. Для придания потоку жидкости вращательно-поступательного движения в каждом из кольцевых каналов, образованных трибоэлектризаторами, установлены завихрители потока. Частицы загрязнений и микрокапли воды, содержащиеся в нефтепродукте, при контакте с трибоэлектризаторами получают соответственно положительный или отрицательный заряд. Под действием центробежной силы, возникающей при закручивании потоков жидкости завихрителями, частицы загрязнений и микрокапли воды различного знака взаимодействуют между собой, укрупняются и под действием гравитационной силы выпадают в отстойник, откуда периодически удаляются через сливной патрубок. Интенсификации процесса выпадения заряженных частиц из нефтепродукта способствует магнитное поле, создаваемое кольцевым постоянным магнитом.

Разработана также конструкция трибоэлектрического фильтра-очистителя, в котором электризация очищаемого нефтепродукта осуществляется при его прохождении через сетчатые элементы. После поступления в корпус устройства нефтепродукт попеременно проходит через сетчатые электроды и отверстия в пластинах-электродах. Вследствие электризации продукта между соседними электродами (сетчатым и пластинчатым) возникает электрическое поле, в котором частицы загрязнений осаждаются на сетчатые электроды.

Описанные средства очистки нефтепродуктов, во-первых, являются универсальными, т.е. производят одновременное удаление из нефтепродуктов твердых частиц и эмульсионной воды, и, во-вторых, имеют достаточно большой ресурс работы. Дальнейшее совершенствование средств очистки горюче-смазочных материалов, применяемых при эксплуатации авиационной техники, должно осуществляться с позиций обеспечения универсальности очистителей и максимальной продолжительности их непрерывной работы, что крайне важно при заправке воздушных судов.

ШЛЯХИ ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМ, ЩО ПОВ'ЯЗАНІ З ВИКОРИСТАННЯМ БІОЕТАНОЛЬНИХ ПАЛИВ

Використання біоетанольних палив в деяких країнах серйозно конкурує з використанням традиційних бензинів. Щоб досягти такого успіху виробникам автомобілів і палив довелося вирішити ряд проблем, що пов'язані з відмінностями етанолу та бензинів.

Практичне застосування отримали суміші біоетанолу та бензинів, які умовно можна розділити на такі групи: з вмістом біоетанолу до 8%; з вмістом біоетанолу від 8 до 55%; з вмістом біоетанолу від 55 до 85%.

Умови використання перших двох груп палив автомобілями з різними двигунами наведені в табл. 1, 2. (у табл. 2 необхідно врахувати, що проблема розшарування палив не виникає при вмісті біоетанолу більше як 30%).

Використання палива третьої групи можливо лише паливоадаптивними автомобілями (ПАА).

В паливоадаптивних автомобілях (Flexible-Fuel Vehicles – FFV) для забезпечення можливості ефективної роботи на паливах з будь якою кількістю етанолу в конструкцію введено ряд змін основні з яких наступні:

- підвищена продуктивність паливних насосів та форсунок;
- змінена конструкція блоку керування;
- використання матеріалів стійких до етанолу;
- збільшена твердість сидел клапанів.

Блок керування для забезпечення оптимізованих програм управління складом паливо-повітряної суміші та кутом випередження запалювання використовує сигнали λ -зонду та датчика детонації.

Досвід країн, що досягли успіхів в використанні біоетанольних палив показує, що більше перспектив має використання палив з підвищеним вмістом етанолу з одночасним впровадженням паливоадаптивних автомобілів. Вартість ПАА незначно (\$ 200–300) перевищує вартість бензинового автомобіля. Оскільки витрата палива при роботі на біоетанольних паливах більше чим при роботі на бензині, вартість першого має враховувати щонайменше цей фактор.

Для вирішення проблеми впровадження біоетанольних палив в Україні необхідна спільна робота виробників та реалізаторів палив та продавців автомобілів. Виробники та реалізатори палив повинні забезпечити випуск достатньої кількості біоетанольних палив сталої якості та створити мережу АЗС, що реалізують таке паливо в усіх регіонах України. Продавці автомобілів повинні забезпечити реалізацію та обслуговування ПАА. Політика з боку держави повинна економічно стимулювати процеси впровадження та використання біоетанольних палив. Для координації цієї роботи доцільно створення асоціації, подібної до тієї, що координує діяльність з використання газових палив для автомобілів.

Таблиця 1

Палива з вмістом біоетанолу до 8%

Двигун автомобіля	Зміна показників двигуна	Умови використання
Карбюраторний	Без змін	Зміна логістики постачання палив. Можливе розшарування палива в процесі використання
Інжекторний з λ - регулюванням в режимах часткових навантажень, θ - регулюванням за датчиком детонації	Без змін	
Інжекторний з λ – регулюванням в усіх режимах, θ - регулюванням за датчиком детонації, адаптивним електронним блоком керування	Без змін	
ПАА (FFV)	Без змін	

Таблиця 2

Палива з вмістом біоетанолу від 8 до 55%

Двигун автомобіля	Зміна показників двигуна	Умови використання
Карбюраторний	Енергетичні показники - погіршення або неможливість роботи двигуна. Зростання витрати палива.	Погодження з виробником для гарантійного автомобіля. Зміна жиклерів карбюратора. Наявність мережі заправок.
Інжекторний з λ – регулюванням в режимах часткових навантажень, θ - регулюванням за датчиком детонації	Енергетичні показники- погіршення в режимі повного навантаження без адаптера. Зростання витрати палива.	Погодження з виробником для гарантійного автомобіля. Використання адаптера. Наявність мережі заправок.
Інжекторний з λ – регулюванням в усіх режимах, θ - регулюванням за датчиком детонації, адаптивним електронним блоком керування	Енергетичні показники без змін, зростання витрати палива.	Погодження з виробником для гарантійного автомобіля. Наявність мережі заправок.
ПАА (FFV)	Енергетичні показники без змін, зростання витрати палива.	Наявність мережі заправок.

Спиркин В. Г., Тонконогов Б. П., Татур И. Р.,
 Шуварин Д. В., Лазарев В. А., Запунный М. М.
 РГУ и газа им. И.М. Губки на, Российская Федерация

**ТУРБИННЫЕ МАСЛА С УЛУЧШЕННЫМИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫМИ
 ПОКАЗАТЕЛЯМИ ДЛЯ ОБОРУДОВАНИЯ ТОПЛИВНО-
 ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА**

Природные газы многих месторождений России и мира содержат коррозионно-агрессивные примеси сероводорода, меркаптанов, углекислого газа, воды и др.

Воздействие этих примесей на газотранспортное и энергетическое оборудование вызывает различные повреждения: коррозию, наводороживание, водородное охрупчивание и растрескивание стали. Среди причин аварий газопроводов 7% связано с химической и электрохимической коррозией труб. Нарушения в работе оборудования тепловых электростанций связано с эмульгированием воды в масле, электрохимической коррозией и износом деталей в узлах трения.

Сероводород из компримируемого газа диффундирует в турбинное масло, применяемое в маслосистемах газоперекачивающих агрегатов компрессорных станций. При давлении 5 МПа и температуре 20°C масло типа Тп-22с растворяет до 200 об. частей сероводорода на одну об. часть масла. Как видно из таблицы 1, скорость общей коррозии стали в масле в присутствии сероводорода в 6 раз превышает допустимую величину 0,1 мм/год.

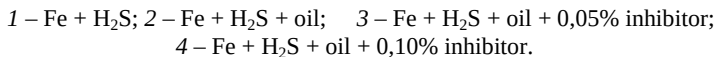
Таблица 1

Коррозионные свойства масла Тп-22с в присутствии сероводорода (0,4 % мас.), воды (5 % мас.) и ингибитора в концентрации $C_{\text{инг}} = 0,01-0,10$ % мас.

Ингибитор	$C_{\text{инг}}$, % мас.	Скорость коррозии, мм/год	Коррозионно-механический износ, г/м ² ч	Наводороживание стали, см ³ Н ₂ /100 г
Без ингибитора	-	0,623	0,540	9,5
ИФХАНГАЗ-1	0,01	0,290	0,343	9,4
	0,10	0,021	0,088	3,1
ИКИПГ	0,01	0,499	0,522	7,6
	0,10	0,051	0,089	3,8
Бетол-1	0,05	0,125	0,176	5,7
	0,10	0,041	0,125	3,9
И-25Д	0,01	0,512	0,487	7,2
	0,10	0,094	0,147	4,1

Одновременно наблюдается потеря прочности деталей компрессоров за счет коррозионно-механического износа и наводороживания стали. В то же время в отсутствии сероводорода и воды скорость общей коррозии стали составляет лишь 0,01 мм/год. Выполненные нами исследования показали, что высокой противокоррозионной эффективностью обладает ингибитор ИФХАНГАЗ-1 (диалкиламинопропионитрил), который нами применялся для защиты от коррозионно-механического износа компрессионного оборудования и газопроводов за счет адсорбции ингибированного масла на внутренней поверхности газопроводов. Из табл. 1 видно, что этот ингибитор в десятки раз снижает скорость коррозии, уменьшает наводороживание и коррозионно-механический износ металла. Однако в настоящее время этот ингибитор в промышленном масштабе не производится.

Дальнейшие исследования показали, что в тех же условиях наиболее эффективен ингибитор НХ (смесь имидазолины/амины) в оптимальной концентрации 0,05–0,07 (% мас.). Ниже приведена зависимость максимальной скорости коррозии стали ($K_{\max}$) от концентрации ингибитора НХ в масле:



Ингибитор НХ обладал эмульгирующими свойствами, поэтому его вводили в турбинное масло Тп-22с (марка 1) в смеси с 0,02 (% мас.) гидроксилсодержащего сополимерного деэмульгатора (ГСД) после предварительной термообработки. Масло содержало противоизносную присадку Нитес 511Т. Результаты лабораторных испытаний полученного образца масла Тп-32Р(г) приведены в табл. 2. По важнейшим показателям качества – защитным, деэмульгирующим, антиокислительным, противоизносным свойствам разработанное масло Тп-32Р значительно превосходит ныне применяемое в газовой промышленности масло Тп-22с (марка 1).

Таблица 2

Сравнительные показатели качества турбинного масла Тп-22с (марка 1) чистого, с ингибитором НХ и деэмульгатором ГСД

Показатели	Тп-22с (марка 1)	Тп-22с (марка 1) +НХ+ГСД	Степень улучшения
Время деэмульсации, с	120	40	3,0
Стабильность против окисления (150°C, 16 ч, расход 3 дм ³ О ₂ /ч):			
- кислотное число, мг КОН/г	0,10 0,006	0,05 0,001	2,0 6,00
- осадок, % мас.	0,080	0,009	1,13
-летучие кислоты, мг КОН/г			
Смазочная способность (ЧШМ):	1,99	0,39	5,10
-диаметр пятна износа (нагрузка 63 кгс), мм	19,63	23,28	1,18
- индекс задира	56	63	1,13
-критическая нагрузка, кгс	112	119	1,06
- нагрузка сваривания, кгс			
Скорость коррозии стали Ст. 3 в среде сероводорода, г/м ² ч	3,24	1,14	2,8

Для смазки узлов трения газовых, паровых гидротурбин, турбокомпрессоров на энергетических предприятиях, не контактирующих с сероводородсодержащими средами, нами предлагается масло Тп-32Р с другой композицией присадок. В стандартное масло Тп-22с (марка 1) вводили присадки: 0,1% мас. продукта конденсации борсодержащего амина с органической кислотой (ТЛЗ) и 0,02% мас. деэмульгатора ГСД. Присадка ТЛЗ – многофункциональная, обладает антиокислительными, противоизносными и защитными свойствами. Результаты лабораторных испытаний полученного образца масла Тп-32Р(э) приведены в таблице 3. По важнейшим показателям качества – деэмульгирующим, антиокислительным, деаэрационным, противоизносным свойствам разработанное масло Тп-32Р(г) значительно превосходит ныне применяемое в газовой промышленности масло Тп-22с (марка 1).

Таблица 3

Сравнительные показатели качества турбинного масла Тп-22с (марка 1) чистого, с присадкой ТЛЗ и деэмульгатором ГСД

Показатели	Тп-22с (марка 1)	Тп-22с (марка 1) +ТЛД +ГСД	Степень улучшения
Время деаэрации, с	280	90	3,1
Стабильность против окисления (150°С, 16 ч, расход 3 дм ³ О ₂ /ч):			
- кислотное число, мг КОН/г	0,12	0,07	1,9
- осадок, % мас.	0,007	0,002	3,5
-летучие кислоты, мг КОН/г	0,112	0,037	3,0
Смазочная способность (ЧШМ):			
-диаметр пятна износа (нагрузка 63 кгс), мм	1,99	0,49	4,06
- индекс задира	19,63	23,38	1,19
-критическая нагрузка, кгс	56	64	1,14
- нагрузка сваривания, кгс	112	120	1,07

ВЫВОДЫ

Исследовано влияние химически активных примесей в турбинном масле – сероводорода, продуктов окисления и др. на скорость коррозии стали.

Исследованы композиции присадок, включающие ингибиторы коррозии, деэмульгаторы и многофункциональные присадки, для улучшения эксплуатационных свойств турбинных масел.

Разработаны турбинные масла типа Тп-32Р с улучшенными защитными, противоизносными, деэмульгирующими свойствами для оборудования газовой и энергетической промышленности.

УДК 656.7.064 (045)

**Бойченко С. В., Васюхін М. І.,
Запорожець О. І., Бойченко М. С.**
Національний авіаційний університет, Україна

ГІС НАФТОПРОДУКТО- ТА АВІАПАЛИВОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Вченими підраховано, що 85% інформації, з якою стикається людина у своєму житті, має територіальний характер.

Для будь-якої організації (підприємства, компанії, фірми) системи нафтопродукто- та авіапаливозабезпечення проблема оперативного отримання інформації за об'єктами управління стає усе більш актуальним.

Нафтопродуктозабезпечення – універсальна галузь економіки. Тут створюється широке поле економічної діяльності, в якому обертаються величезні капітали і працюють як всесвітньо відомі компанії-гіганти, так і безліч малих фірм. Жоден ринок не є таким гомогенним, як ринок нафтопродуктів. Логістичні ланцюги тягнуться від промислів, нафтопереробних підприємств, первинної поставки сирової нафти та продуктів її переробки та вторинного розподілу паливно-мастильних матеріалів по заправних станціях та споживачах. Авіапаливозабезпечення – підсистема нафтопродуктозабезпечення. У загальному вигляді авіапаливозабезпечення – система заходів, спрямована на забезпечення експлуатації та обслуговування повітряних суден кондиційними авіаційними паливно-мастильними матеріалами і технічними рідинами (приймання, зберігання, підготовка та видавання на заправку, заправка повітряних суден авіаційними паливно-мастильними матеріалами і технічними рідинами).

Система нафтопродуктозабезпечення нерозривно пов'язана із транспортною мережею, за допомогою якої реалізуються потоки розподілу нафтової сировини і готової продукції. Для виконання цих цілей використовують усі види транспорту.

Системи транспортування й зберігання нафти і нафтопродуктів мають забезпечити безперерйне постачання товарних нафтопродуктів споживачам з урахуванням раціонального використання транспортних засобів і складських територій, збереження високої якості нафти і нафтопродуктів, зниження до мінімуму їх втрат під час перевезення й зберігання.

Транспортування і зберігання нафтопродуктів – складна дія, що впливає на розвиток продуктивних сил країни і ефективність виробництва. Якщо в цілому витрати на транспорт становлять близько 10 % від вартості кінцевого продукту, то у нафтовій промисловості ці витрати оцінюються у 25 %. Система транспорту, зберігання та розподілу нафтопродуктів забезпечує найважливішими паливними ресурсами економіку держави, експортні поставки та інші спеціальні потреби. У процесі просування нафтопродуктів від виробництва до споживачів беруть участь тисячі підприємств з різною технологією, різною потужністю та виробничо-господарчими функціями, включаючи нафтопродукти, нафтосховища, автомобільні заправні станції та інші об'єкти.

У більш глобальному масштабі система нафтопродуктозабезпечення – невід'ємна і складова частина паливно-енергетичного комплексу. Надійність її роботи пов'язана з надійністю роботи окремих її частин. Системи паливно-енергетичного комплексу та нафтопродуктозабезпечення є динамічними системами, тобто їх основні показники змінюються у часі.

Оскільки основною функцією системи нафтопродуктозабезпечення є власне забезпечення нафтою і продуктами її переробки, вихідна інформація системи

нафтопродуктозабезпечення з певним поправковим коефіцієнтом служить вхідною інформацією для управління роботою системи транспорту, зберігання та розподілу нафтопродуктів. Ця інформація трансформується органами управління системи у відповідний план. Хоча виконання плану забезпечення моторними паливами галузей економіки є цільовою функцією і, отже, основним критерієм роботи системи нафтопродуктозабезпечення, його необхідно максимально реалізовувати через власні сировинних запасів з максимально можливою ефективністю з мінімальними витратами.

Аналіз функціонування такої складної динамічної системи, як нафтопродуктозабезпечення та систем транспорту, зберігання й розподілу нафти і нафтопродуктів (моторних палив) з погляду забезпечення джерелами енергії транспортних засобів, раціонального й ефективного застосування вуглеводневих палив показує, що їх можна віднести до керованих (кібернетичних) систем. Вони діють так, що вихідна інформація однієї, розміщеної вище в ієрархічному ряді системи, служить вхідним регулюючим фактором для іншої системи нижчого рангу.

На певних етапах функціонування системи нафтопродуктозабезпечення виникає потреба не тільки підтримувати стабільними обсяг постачань палив, але й збільшувати його внаслідок запобігання втратам на усьому технологічному шляху нафтопродукту від родовища до камери згорання транспортного засобу. При цьому виникає задача методичного, науково-технічного та організаційного забезпечення запобігання втратам під час транспортування, зберігання, використання та інших технологічних операцій. Наприклад, реалізація програми компанії Shell Global Solutions, спрямованої на удосконалення технології використання нафтопродуктів на НПЗ, дозволили отримати економічний ефект розміром понад три млн дол на рік.

Під час функціонування системи нафтопродуктозабезпечення в органи управління і контролю надходить інформація про втрати на різних об'єктах (резервуарах, транспортних ємкостях, паливних баках машин і т. ін.). Там же розробляють заходи щодо підвищення надійності роботи системи нафтопродуктозабезпечення, які найчастіше зводяться до зменшення втрат. Критерієм функціонування системи нафтопродуктозабезпечення є її максимальна ефективність з мінімальними витратами. Ця схема зі зворотним зв'язком є своєрідним апаратом оптимізації системи.

Сьогодні на ринку програмного забезпечення з'являються продукти, що забезпечують збір, обробку і консолідацію даних як за основними напрямками бізнесу (нафтовидобуток, нафтопереробка, нафтопродуктозабезпечення, авіапаливозабезпечення), так і за допоміжними видами діяльності (бухгалтерський облік, управління активами тощо). Ринок насичений програмним забезпеченням за допоміжними видами діяльності. Але при зовнішній їх схожості відчувається недолік додатків для корпоративного управління, з єдиними інтерфейсними аналітичними рішеннями і базами даних.

Вирішення цих проблем можливе за умови впровадження геоінформаційних систем. Геоінформаційна система (ГІС) – це програмно-апаратний комплекс, що вирішує сукупність завдань зберігання, відтворення, оновлення та аналізу просторової та атрибутивної інформації за об'єктами системи системи

нафтопродукто- та авіапаливозабезпечення.

Сучасні ГІС дозволяють керівникам і базовим службам підприємств через потужний інструмент для управління розгалуженою інфраструктурою технологічних мереж повністю автоматизувати, спростити виконання поточних та перспективних завдань, створює можливість моделювати технологічні, фізичні процеси, скоротити терміни проектування та розвиток системи, а також терміни пошуку та локалізації аварійних (проблемних) ділянок за умов загального зменшення фінансових та трудовитрат, що в цілому поліпшує ефективність експлуатації усіх технологічних об'єктів системи.

Усі відомі дані про технологічні об'єкти системи паливозабезпечення занесені у загальну базу даних у вигляді таблиць. Таким чином, в ГІС авіапаливозабезпечення постійно зберігаються паспортні дані усіх технологічних об'єктів, у тому числі схеми централізованої заправки повітряних суден, насосних станцій, фільтраційних пунктів, резервуарного парку; витрати; добові графіки витрати палива і роботи паливозаправників.

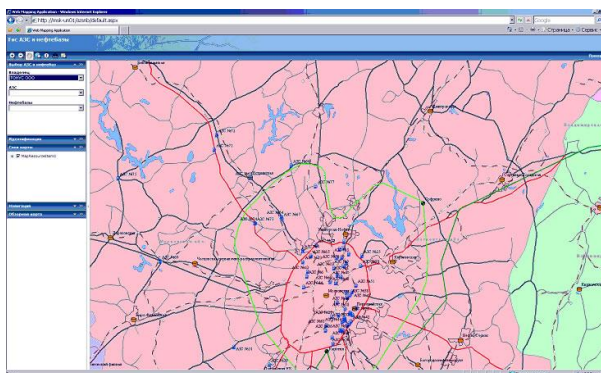
Детальний опис усіх технологічних об'єктів дозволяє:

- здійснити пошук об'єктів за будь-яким запитом, як за просторовими, так і за табличними даними;
- у будь-який момент часу здійснювати моніторинг об'єктів (здійснюється або ні заправка літака, працює або ні насос і т. і.);
- працювати у режимі реального часу – перегляд, зміна та аналіз даних.

Робота у режимі реального часу дозволяє відслідковувати поточний стан системи і реагувати на її зміни, а також швидко приймати управлінські рішення. Накладання інформації про технологічні об'єкти системи на електронну карту створює її наочною, що значно спрощує процес аналізу та систематизації;

- автоматично формувати звіти та довідки, візуальну інформацію за будь-яким технологічним об'єктом із системи, комплексні звіти за усією мережею у цілому або за частиною території у будь-якій формі.





Белгородская обл.

Сведения о нефтебазе (раздаточном бланке)

Объем поступления нефтепродуктов на хранение:

проектный _____ тыс. т/год фактический _____ тыс. т/год

В том числе (должны быть указаны проектные данные):

Примы:

из трубопроводов: _____ тыс. т/год

из транспортом: _____ тыс. т/год

кольным транспортом: _____ тыс. т/год

Отгрузка:

из транспортом: _____ тыс. т/год

автомобильным: _____ тыс. т/год

кольным транспортом: _____ тыс. т/год

трубопроводами: _____ тыс. т/год

Объем хранения:

Максимальный _____ м³

Объем поступления:

проектный _____ тыс. т/год фактический _____ тыс. т/год

Объем хранения _____ м³

Результат: _____

Создать отчет

Автозаправная станция №3

Сведения о станциях АЗС

Менеджер авто АЗС

Менеджер АЗС

Товаровед

Старший инвентар

Эксперт

Техник

Иные

Информация о станциях АЗС

Классификация (по типу)

Проводитель ТРК

Тип (модель) ТРК

Год выпуска

Число ТРК

Число заправных устройств на 1 ТРК

Объем число заправочных устройств

Тип (модель) ТРК автомобиль

Число заправных устройств автомобиль

Число резервуаров

Объем резервуаров

УДК 621.43.057.2:662.756.3

ПОКРАЩЕННЯ ЕКОНОМІЧНИХ ТА ЕКОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГУНА, ЩО ПРАЦЮЄ НА БІОДИЗЕЛЬНОМУ ПАЛИВІ, ПРИСАДКАМИ

Останнім часом у зв'язку з необхідністю пошуку альтернативних палив активізувалися дослідження показників роботи дизельних двигунів на біодизелі, що являє собою метилові ефіри жирних кислот олій або жирів тваринного походження.

З наших досліджень встановлено, що під час роботи дизельного двигуна на біодизелі спостерігається зниження викидів оксиду вуглецю та сажі з відпрацьованими газами. Що стосується ефективного ККД дизеля, його зміна при переведенні двигуна на біодизель залежить від умов сумішоутворення та жирнокислотного складу зразку біодизеля, що використовується. Також встановлено, що при використанні біодизеля, особливо у двигунах з нерозділеною камерою згорання, існує нереалізований потенціал з підвищення ефективного ККД двигуна та зниження викидів продуктів неповного згорання з його відпрацьованими газами. Цей потенціал можна реалізувати за рахунок поліпшення умов сумішоутворення та повноти згорання біодизеля. Від умов сумішоутворення та жирнокислотного складу біодизеля залежать також викиди оксидів азоту.

Таким чином, зі збільшенням повноти згорання біодизеля, будуть з одного боку – знижуватися викиди продуктів неповного згорання та зростати ефективний ККД двигуна, а з іншого боку – зростати викиди оксидів азоту.

Проблема підвищення повноти згорання біодизеля у циліндрі дизельного двигуна без підвищення викидів оксидів азоту може бути вирішена шляхом домішування до біодизелю етилового або метилового спирту. Зі збільшенням вмісту метанолу у біодизелі до 10 % спостерігається підвищення ефективного ККД дизельного двигуна та зниження викидів оксиду азоту. У таблиці 1 наведено результати випробувань дизельного вихрокамерного двигуна 5Д2 під час роботи на сумішах біодизеля з метанолом.

Таблиця 1

Результати випробувань дизельного вихрокамерного двигуна 5Д2 під час роботи на сумішах біодизеля з метанолом

Показники	Біодизель: метанол				
	100:0	99,6:0,4	99:1	90:10	85:15
Ефективний ККД	0,25	0,234	0,232	0,236	0,236
Викиди NO _x , ppm	845	804	765	676	747

З таблиці 1 видно, що з підвищенням концентрації метанолу у його суміші з

біодизелем від 0 до 10 % спостерігається підвищення ефективного ККД двигуна та зниження викидів оксидів азоту. Подальше збільшення концентрації не викликає збільшення ККД та призводить до збільшення викидів оксидів азоту.

З іншого боку, наявність метанолу або етанолу у біодизелі призводить до зниження цетанового числа такої суміші. Зниження цетанового числа у свою чергу може призвести до більш швидкого виходу двигуна з ладу через жорстку роботу.

Для підвищення цетанового числа суміші біодизеля з метанолом необхідно використовувати спеціальні присадки. Однією з таких присадок є присадка CL-0801, що являє собою 2-етил-гексил нітрат (2-EHN) з чистотою не менше 99 % у ваговому співвідношенні. Температура спалаху присадки у закритому об'ємі складає 80 °C, що забезпечує достатню її пожежобезпечність. Температура застигання присадки – не вище -45 °C. Норма уведення присадки – до 1 %, залежно від значення, на яке необхідно підвищити цетанове число. Підвищення цетанового числа можна розрахувати, використовуючи спеціальну номограму.

У даний момент на кафедрі «Автомобілі та трактори» Кременчуцького державного університету імені Михайла Остроградського ведуться експериментальні дослідження економічних та екологічних показників дизельного двигуна з нерозділеною камерою згоряння під час роботи на біодизелі з домішкою метанолу та застосуванням присадки CL-0801.

Бондаренко К. В., Бойченко С. В.
Національний авіаційний університет, Україна

ПРОГНОЗУВАННЯ ЙМОВІРНИХ НЕБЕЗПЕЧНИХ ЗОН НА ОБ'ЄКТАХ СИСТЕМИ НАФТОПРОДУКТОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Як відомо, нафтопереробні, нафтохімічні і хімічні заводи є одними з найбільш небезпечних видів виробництва: на них проводиться, переробляється, зберігається, транспортується велика кількість небезпечних речовин, розташовані такі заводи, як правило поблизу великих населених пунктів і тому, для цієї галузі характерна висока концентрація виробництва, що лише збільшує створювану ними потенційну техногенну небезпеку. За останніх 80 років на нафтопереробних підприємствах відбувся ряд аварій, що характеризують великими об'ємами викидів небезпечної речовини і, як наслідок, пожежі, вибухи і токсичне зараження.

Одним з важливих завдань при забезпеченні промислової безпеки в нафтопереробці, хімії і нафтохімії є проведення аналізу безпеки експлуатації виробництва, який має на увазі і оцінку вірогідності аварій на цих підприємствах. В даний час є великий розкид у підходах до такого роду оцінки, що пов'язано із слабким вивченням даного роду питання.

Аналіз аварій на нафтопереробних і нафтохімічних підприємствах показав, що виникнення небезпеки спочатку пов'язане з виникненням аварійної загазованості, на неї доводиться 90 % всіх аварій. Прогнозування зон застою на зовнішніх установках нафтопереробних підприємств з погляду безпеки необхідно, оскільки в зонах застою можливе скупчення небезпечної речовини..

Під зонами застою розуміються ділянки на території нафтопереробних підприємств, де швидкість вітру не перевищує 0,5 м/с.

Серед існуючих методів визначення зон застою застосовують експериментальні дослідження з використанням датчиків контролю швидкості вітру, аеродинамічні труби і об'ємні масштабні макети технологічних установок або метод розчинення індикаторного газу.

В даний час багато західних проектних і дослідницьких організацій як альтернатива вище вказаним методам визначення зон застою на промислових об'єктах використовують пакети обчислювальної гідродинаміки (у англійській транскрипції – Computational Fluid Dynamics або CFD). Використання CFD дозволяє прогнозувати динаміку розвитку зон застою (первинну небезпеку), з урахуванням забудови об'єкту, рельєфу місцевості, метеопараметрів.

Опишемо детально призначення кожного етапу прогнозування зон застою:

Перший етап (підготовчий) – полягає в зборі відомостей на об'єкті, для якого необхідно визначити зони застою.

Початковими даними для розрахунків є:

- призначення технологічної установки, інформація про планування, перелік устаткування будівель і споруд їх геометричні розміри;
- статистична інформація про розу вітрів (частота повторюваності вітру по напрямку).

Можливе виникнення небезпеки, по наступних причинах:

- висока щільність розміщення технологічного устаткування;
- велика кількість запалюючих речовин;
- наявність джерел займання (відкритий вогонь печей);

Другий етап - побудова геометричної основи завдання (параметричної тривимірної моделі об'єкту). Геометрична модель формується з допомогою зовнішніх програм (так званих геометричних препроцесорів), і потім імпортується в CFD пакет Flow Vision.

Етап третій – моделювання руху потоків вітру і визначення застійних зон. Реалізація даного етапу виконується з використанням пакету чисельного моделювання FlowVision.

Етап четвертий – визначення зон застою для різних напрямів і швидкості вітру, визначення раціональної орієнтації зовнішньої установки. Даний етап реалізується з використанням постпроцесора пакету FlowVision, який служить для виводу і уявлення, перш за все візуалізації отриманих в результаті розрахунків даних.

Використання чисельного пакету при рішенні задачі прогнозування вірогідних зон застою дозволяє розрахувати коефіцієнт зони застою. Даний коефіцієнт характеризує про наявність зон застою при заданій орієнтації вітру на зовнішній установці. Чим вище за значенням коефіцієнт зони застою при даному напрямі і швидкості вітру, тим більша вірогідність виникнення загазованості.

Коефіцієнт зон застою може бути об'ємний і поверхневий.

Об'ємний коефіцієнт робочої зони застою – це відношення об'єму застою в робочій зоні до загального об'єму робочої зони мінус об'єм устаткування будівель і споруд що знаходяться в ній.

Робочою зоною називається простір висотою до 2 метрів над рівнем підлоги

або майданчики, на яких знаходяться місця постійного або тимчасового перебування в процесі трудової діяльності.

Поверхневий коефіцієнт зони застою – це відношення площі зони застою на висоті до 2,8 м від нульової відмітки технологічного майданчику до загальної площі зони, мінус площа устаткування що знаходиться в ній.

Визначивши коефіцієнти зони застою для основних напрямів вітру можна визначити раціональну орієнтацію зовнішньої установки (будівель і споруд) з урахуванням забудови промислового об'єкту і пануючих вітрів. Під раціональною орієнтацією розуміється виключення або мінімізація накопичення небезпечних речовин впродовж експлуатації небезпечного об'єкту.

Для раціональної орієнтації об'єкту необхідно слідувати правилу: меншому значенню коефіцієнта зони застою, повинен відповідати напрям вітру з більшою частотою повторюваності. Орієнтація установок по запропонованому правилу дозволить підвищити безпеку за рахунок якнайкращого розташування установки щодо пануючих вітрів.

Однією з найбільш серйозних небезпек на підприємствах нафтопереробки є утворення хмари газопароповітряних сумішей. Аналіз аварій, що відбуваються на підприємствах хімічної і нафтохімічної промисловості в нашій країні і за кордоном, показує, що велика частина їх (близько 90%), пов'язана з вибухом парогазових сумішей. З цього числа близько 43% аварій доводиться на виробничі приміщення і відкриті установки.

Хмарою газопароповітряних сумішей називається хмара утворена вуглеводневими продуктами (метаном, етиленом, пропаном, парами бензину циклогексану і ін.) з киснем повітря.

В даний час склалися три основні підходи для кількісного опису процесу розсіювання викиду газоподібних речовин в атмосфері :

- моделі (дисперсійні) гаусового розсіювання;
- моделі розсіювання, що базуються на інтегральних законах збереження або у хмарі в цілому, або в поперечному режимі;
- моделі, побудовані на чисельному вирішенні системи рівнянь, збереження їх в оригінальному вигляді, які іменуються моделями або методами чисельного моделювання.

На сьогоднішній день завдання опису виникнення і розсіювання хмари важкого газу в умовах термічної і орографічної неоднорідності є одним з найбільш актуальних завдань в промисловій безпеці. Використання методів чисельного моделювання дозволяють врахувати рельєф місцевості і наявність забудови, що не можуть врахувати моделі Гауса і моделі розсіювання. Заснований на процесах масо-, енерго- і теплообміну даний метод дозволяє врахувати практично всі істотні чинники, а тому метод чисельного моделювання є найточнішим, і одночасно самим трудомістким способом для вирішення завдань пов'язаних з моделюванням процесу розсіювання газоподібних речовин.

Порівняно з іншими відомими методами дослідження (статистичним спостереженням і натурним експериментуванням), моделювання небезпечних процесів має важливе місце. Протягом декількох останніх років методологія аналізу вибухів газопароповітряних сумішей швидко розвивається, особливо з використанням сучасних програм CFD (обчислювальної газодинаміки).

Прогнозування пожежовибухонебезпечних газопароповітряних сумішей в атмосфері, є важливим завданням на підставі якого забезпечується можливість її запобігання або зниження наслідків її дії на навколишнє середовище і людину.

Відзначивши переваги чисельних експериментів необхідно відзначити і їх недоліки :

- значні витрати машинного часу;
- важкість або неможливість коректної постановки граничних умов деяких типів;
- несумісність машинних кодів для різних операційних платформ;
- жорсткі вимоги до оперативної пам'яті, швидкодії і іншим характеристикам обчислювальної машини;
- нестійкість роботи схем в деяких режимах;
- складність розробки універсальних програм, застосовних для вивчення різних явищ в рамках єдиного підходу.

Слід зазначити той факт, що при проведенні інженерного аналізу в силу певної обмеженості інструментальної бази далеко не завжди вдається побудувати обґрунтований сценарій розвитку складної аварії і забезпечити достовірний прогноз зон їх негативної фізичної дії на навколишнє середовище, проте, значення чисельних методів вирішення завдань в газовій динаміці неухильно зростає. Поява нової високопродуктивної комп'ютерної техніки відкриває величезні можливості для застосування CFD-технологій у вирішенні проблем, що вчора здавалися нерозв'язаними.

На сьогоднішній день питання прогнозування ймовірних небезпечних зон на об'єктах системи нафтопродуктозабезпечення є надзвичайно важливим для забезпечення безпеки життєдіяльності та охорони навколишнього природного середовища.

УДК 662.749

Збыковский Е. И.

Донецкий национальный технический университет, Украина

Золотарев И. В.

ЗАО «Макеевкокс», Украина

Тамко В. А.

Институт физико-органической химии и углехимии НАН Украины, Украина

ЭЛЕМЕНТЫ ТЕОРИИ ОБРАБОТКИ ПОВЕРХНОСТИ КОКСА СПЕЦРЕАГЕНТАМИ С ЦЕЛЮ УЛУЧШЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЕГО РЕАКЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ

Одним из наиболее эффективных методов улучшения качества кокса по показателям качества CRI и CSR является послепечная обработка поверхности кокса водными растворами неорганических веществ. Нами была разработана, запатентована, и внедрена в производственных условиях ЗАО «Макеевкокс» технология послепечной обработки кокса водным раствором тетрабората натрия и ПАВ. Показано, что такая обработка поверхности кокса при соблюдении технологии приводит к снижению на 5–10 % индекса реактивности (CRI) и

повышению на 6–12 % прочности кокса после реакции с CO_2 (CSR). Внедрение этого способа на ЗАО «Макеевкокс» позволяет получать доменный кокс, соответствующий мировым стандартам: по показателю $\text{CSR} \geq 55\%$, по показателю $\text{CRI} \leq 30\%$.

В основу разработанной технологии улучшения качества кокса положена идея воздействия на поверхность кусков кокса растворами специально подобранных неорганических веществ. Раствор неорганического вещества наносится методом мелкодисперсного орошения на поверхность кокса, который также попадает в поры и трещины, перекрывая их. Учитывая гидрофобность поверхности кокса, предложено в раствор добавлять неионогенное ПАВ марок «ДБ» или «ОП-10», что заметно улучшает растекание и впитывание раствора через поверхность вглубь кусков кокса. При нагревании обработанных таким образом кусков кокса, адсорбированный на поверхности кокса тетраборат натрия ($\text{Na}_2\text{B}_2\text{O}_7$) плавится уже при температуре 741°C . Расплав тетрабората натрия перекрывает доступ CO_2 к углероду кокса в верхней части доменной печи, образуя поверхностный «защитный слой», устойчивый к воздействию окислительных газов. При этом перекрывается большинство микротрещин, пор и микропор, что уменьшает свободную поверхность возможного взаимодействия углерода с CO_2 . Следовательно, образующийся при высоких температурах на поверхности кокса расплав тетрабората натрия препятствует свободному взаимодействию CO_2 с углеродом кокса.

Следует отметить ряд преимуществ «буры» (декагидрата тетрабората натрия $\text{Na}_2\text{B}_2\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) перед другими неорганическими веществами, предлагаемыми для внепечной обработки кокса:

- малая летучесть раствора $\text{Na}_2\text{B}_2\text{O}_7$;
- не оказывает вредного воздействия на организм человека;
- слабая коррозионная активность;
- введение небольших количеств соединений бора с коксом не приводит к ухудшению условий ее работы;
- тетраборат натрия не должен ухудшать качество металлургической продукции, более того, бор применяется в металлургии как составная часть некоторых сплавов. Например, добавка 0,001 % бора к стали значительно повышает ее механическую прочность и коррозионную устойчивость.

При нанесении на поверхность кусков кокса раствора тетрабората натрия, молекулы неорганического вещества покрывают тонким слоем поверхность твердого вещества и удерживаются на ней за счет сил адгезии. «Защитный слой», препятствующий взаимодействию CO_2 с углеродом кокса, образуется плавлением $\text{Na}_2\text{B}_2\text{O}_7$. В этом плане интересен механизм взаимодействия расплава «буры» с углеродистой структурой кокса, который может быть представлен следующим образом.

Высокотемпературный кокс (получаемый при температуре выше 1000°C) характеризуется турбоэстратной структурой разной степени упорядоченности. Основу кристаллической структуры кокса составляют кристаллиты с разным числом углеродных плоскостей, число которых составляет 10-12. Характерно также сшивание углеродными цепями, которое препятствует подвижности структуры. Такой кокс отличается относительно большой твердостью и

относительно небольшой степенью упорядоченности относительно одной плоскости. Кокс, полученный из хорошо коксующихся углей, имеет хорошо выраженную графитизирующуюся структуру с ориентированными кристаллитами (параллельное упорядочивание).

Диаметр гексагональных слоев углерода, составляющих эти кристаллиты, не превышает 7 нм.

Адсорбированная на поверхностных кристаллитах бура при нагревании обезвоживается с получением пиробуры с плотностью 2,371 г/см³ и при температуре 741°С плавится. При этом тетраборат натрия распадается на метаборат натрия и триокись бора, которые смешиваются в жидком состоянии:



В расплаве метаборат ионизируется:



Метабораты щелочных металлов весьма термически устойчивы и при достаточном нагревании испаряются без разложения, при этом метаборат натрия плавится при температуре 966 °С. В твердом состоянии эта соль тримерная, причем ион $\text{B}_3\text{O}_6^{3-}$ имеет показанное на рис. 1 плоскостное циклическое строение

с $d(\text{BO})$ внутренним 1,40 Å. Катионы натрия могут располагаться в пустотах кристаллической решетки.

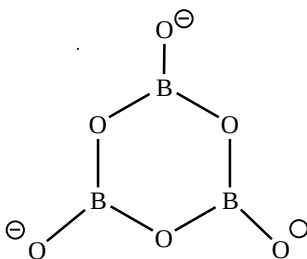


Рис. 1.

Кристаллиты кокса построены из плоских сеток углеродных атомов, аналогичных графиту. Каждый атом углерода в плоскости сетки («паркета») соединен ковалентными связями с тремя другими. Причем длина этих связей

$d(\text{CC})=1,42$ Å. Расстояние между отдельными плоскостями достаточно велико, связи между ними слабы и обеспечиваются только перекрытием Р-орбиталей свободных р-электронов.

Таким образом, между слоями существует достаточно плотное электронное облако с явно выраженным отрицательным зарядом. Над верхним и нижним

«паркетом» кристаллита расположены не задействованные в электронных связях электронные облака р-электронов атомов углерода, входящих в кристаллическую структуру углеродной сетки. Наличие в расплаве буры свободных катионов Na^+ способствует при контакте графитообразных плоскостей с расплавом $\text{Na}_2\text{B}_2\text{O}_7$ внедрению в кристаллическую структуру Na^+ . Внедрение в кристаллит атома Na^+ не искажает «паркеты» и известно для графитизированных материалов как явление «поверхностной интерколляции». Трехмерное соединение $\text{B}_3\text{O}_6^{-3}$ при попадании на плоскость каркаса будет удерживаться межмолекулярными силами, которые обеспечиваются перекрытием электронных р-облаков бора, расположенных в 3-х вершинах шестиугольника $\text{B}_3\text{O}_6^{-3}$ с соответствующими р-облаками углерода «паркета». При этом размеры $d(\text{BO})$ шестиугольника практически совпадают с размерами $d(\text{CC})$ базового шестиугольника углеродного скелета кристаллита кокса, что способствует достаточно сильному донорно-акцепторному взаимодействию р-систем атомов бора и углерода. При этом возможно также ионное взаимодействие катионов Na^+ , удерживаемых силами поверхностной интерколляции, через нейтральные «паркеты» кристаллита с отрицательно заряженными ионами $\text{B}_3\text{O}_6^{-3}$ (рис.2).

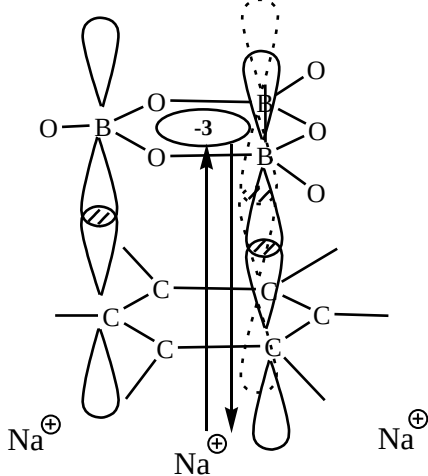


Рис. 2

Таким образом, образующийся в процессе расплава буры метаборат натрия распадается на ионы Na^+ и BO_2^- (в дальнейшем с образованием тримера $\text{B}_3\text{O}_6^{-3}$) вступает в достаточно прочный контакт с кристаллитами кокса, который обеспечивается:

1. Поверхностной интерколляцией ионов Na^+ в кристаллическую углеродную структуру кокса;
2. Донорно-акцепторным взаимодействием р-орбиталей атомов В и С;
3. Ионным взаимодействием атомов Na^+ , внедренных в кристаллит, и расположенных на поверхности первого «паркета» кристаллита ионов $\text{B}_3\text{O}_6^{-3}$.

Прочно удерживаемый на поверхности кристаллитов расплав буры создает

таким образом защитную пленку, которая становится термически неустойчивой только при 1575°C. Следовательно, он является основным препятствием к взаимодействию газообразных окислителей с углеродом кокса как в случае газификации кокса в доменной печи, так и в установках по определению реакционной способности кокса ($t = 1100^\circ\text{C}$).

Для доказательства предложенной нами гипотезы были проведены рентгеноструктурные исследования образцов кокса. В табл. 1 приведены основные рентгеноструктурные параметры образцов исходного кокса и кокса, обработанного раствором $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$, характеризующие надмолекулярную организацию органического вещества исследуемых проб.

Таблица 1

Рентгеноструктурные параметры исследуемых проб доменного кокса

Исследуемая проба кокса	Рентгеноструктурные параметры							
	d_{002} , нм	$d_{\gamma 1}$, нм	$d_{\gamma 2}$, нм	$d_{\gamma 3}$, нм	L_a , нм	L_c , нм	h/l	n
Исходный кокс проба	0,350	0,466	–	–	11,20	4,01	9,00	12,4
кокс проба, обработанный раствором $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$	0,349	0,413	0,497	0,597	14,69	4,64	9,42	15,0

Данные табл. 1 показывают, что в коксах, обработанных $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ увеличивается протяженность полисопряженных систем (L_a от 11,20 до 14,69 нм) для базовой структурной единицы кокса. Толщина пакета L_c увеличивается с 4,01 до 4,64 нм, при этом соответственно увеличивается количество слоев в пакете (n). Межслоевое расстояние (d_{002}), практически не изменяется. В коксах, обработанных $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ наблюдается большая упорядоченность периферийных фрагментов алифатического характера, характеризующаяся изменением рентгеноструктурных параметров: $d_{\gamma 1}$, $d_{\gamma 2}$, $d_{\gamma 3}$.

Таким образом, данные рентгеноструктурного анализа исследуемых проб кокса указывают на то, что результатом обработки кокса тетраборатом, является не только образование „защитного” слоя из тетрабората, а и то, что между фрагментами составляющими структуру кокса и неорганическим соединением, при повышенных температурах происходит взаимодействие приводящее к образованию на поверхности куска кокса органоминеральных структур, что подтверждает выше приведенную гипотезу о межмолекулярном взаимодействии буры с коксом.

В конечном счете, обработка кокса тетраборатами, приводит к образованию на поверхности кокса „защитного” слоя устойчивого к действию окислительных газов и способного препятствовать их проникновению к поверхности и в тело куска кокса.

Выводы:

1. При нанесении на поверхность кокса раствора $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$, его молекулы покрывают поверхность кокса, образуя «защитный» слой из тетрабората, препятствуя взаимодействию окислительных газов с поверхностью кокса.

2. Выдвинута гипотеза о донорно-акцепторном и ионном взаимодействии тетрабората натрия с углеродной структурой кокса, приводящих к образованию на поверхности органоминеральных структур.

3. Рентгеноструктурный анализ кусков кокса, исходного и обработанного раствором тетрабората, показал изменение структурных размеров кристаллитов кокса, подтверждающее взаимодействие на молекулярном уровне неорганического вещества с кристаллической структурой кокса.

УДК 662.741.355.

Голубев А. В., Збыковский Е. И.

Донецкий национальный технический университет, Украина

УЛУЧШЕНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПОТОКОВ КОКСА И ГАЗА В ПРОМЫШЛЕННЫХ КАМЕРАХ СУХОГО ТУШЕНИЯ КОКСА

Сухое тушение кокса – это эффективная энергосберегающая технология, позволяющая одновременно с рекуперацией тепла раскаленного кокса существенно улучшить его качество и уменьшить техногенную нагрузку коксохимических предприятий на окружающую среду. Существует много вариантов конструктивного оформления этого процесса. Преимущественное распространение в Украине и мире получили установки сухого тушения кокса (УСТК) системы Гипрококса (г. Харьков). В Украине сухое тушение кокса применяется на ОАО «Алчевсккокс» и ОАО «Авдеевский КХЗ».

Однако широкому его применению препятствует преимущественно громоздкость УСТК и большой расход электроэнергии на циркуляцию инертных газов.

В значительной мере указанные недостатки обусловлены низкой интенсивностью теплообмена между коксом и газами в промышленных камерах.

Основной причиной снижения интенсивности в промышленных камерах сухого тушения является неравномерность распределения потоков кокса и газа в поперечном сечении. Как известно ввод газа в слой кокса в камерах Гипрококса производится частично через вертикальный патрубок, размещенный в конусной части камеры по ее оси и перекрытый сверху коническими кольцами в виде жалюзи, а частично через периферийную кольцевую щель в конусной части камеры. Диаметр центрального устройства для ввода газа равен 3 м, а диаметр периферийной кольцевой щели около 4,5 м. Поскольку пространство под этим кольцевым каналом заполнено коксом, то это в свою очередь негативно влияет на распределение скоростей движения кокса в камере. Отвод газа осуществляется через ходы, расположенные в стенках камеры тушения в плоскости, условно разделяющей форкамеру и камеру тушения, что отрицательно сказывается на распределении газа по сечению в верхней части камеры тушения.

Равномерное распределение потоков кокса и газа может быть достигнуто только при использовании распределительных устройств, в которых каналы для ввода газа и вывода кокса размещены равномерно по всему сечению камеры тушения и под которыми имеется свободное пространство, чтобы поток кокса

разрывался и дальнейшее его движение не оказывало влияние на скорость кокса в каналах распределительного устройства. Равномерность распределения по сечению потока газа в верхней части камеры может быть достигнута за счет равномерного размещения каналов для отвода газа по сечению камеры.

На кафедре химической технологии топлива ДонНТУ разработано соответствующая этим требованиям конструкция. Камера сухого тушения кокса (рис. 1) имеет корпус 1, разделенный на форкамеру 2 и собственно камеру 3 тушения, размещенный внизу камеры тушения делитель потока кокса, выполненный в виде Λ -образных балок 4, установленных взаимопараллельно с шагом, равным ширине основания балки (700–900 мм) одна от одной, при этом балки нижележащего ряда смещены на шаг относительно балок верхележащего ряда и снабжены устройствами для перекрыwania зазоров между ними, выполненными, например, в виде барабанных секторных дозаторов 5. Внутренняя поверхность Λ -образных балок 4 образывает распределительные каналы 6, соединенные отверстиями 7 в корпусе 1 с периферийными распределительными каналами 8 для подвода охлаждающего газа.

С камерой 3 тушения ходы 9 для отвода охлаждающего газа связаны каналами 10, образованными внутренней поверхностью Λ -образных балок 11, размещенных взаимопараллельно в горизонтальной плоскости, которая разделяет форкамеру и камеру тушения, с зазорами между ними 1000–1200 мм одна от одной.

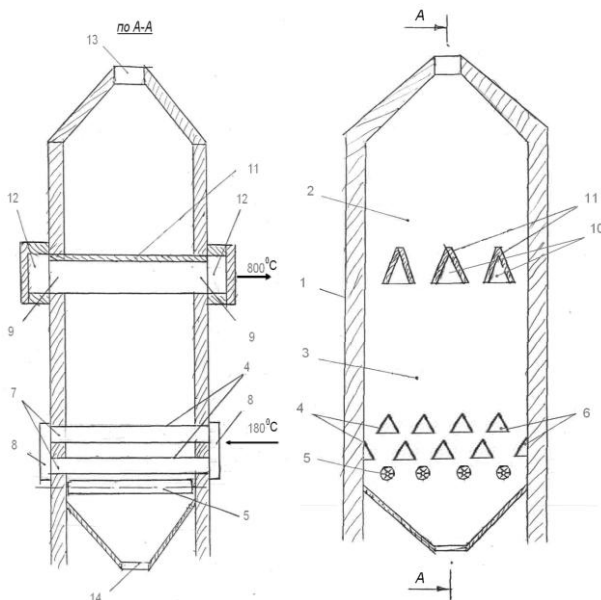


Рис. 1. Камера сухого тушения кокса

Каналы 10 соединены ходами 9 в корпусе с периферийными сборными

каналами 12 для отвода охлаждающего газа. Камера сухого тушения кокса имеет загрузочное и разгрузочное устройства 13 и 14 соответственно.

Каркас, на который крепятся элементы, образующие поверхность балки, может быть изготовлен из водо- или газоохладяемых труб. Подобное конструктивное оформление отдельных частей высокотемпературного оборудования является достаточно распространенным. Кроме того, каркас балок может быть сформирован из арматуры, изготовленной из жаростойкого чугуна, стоимость которого, однако, достаточно высока. Могут быть рассмотрены варианты использования и других материалов.

Для оценки структуры потоков кокса в камере сухого тушения с предложенным делителем потока кокса была изготовлена лабораторная модель, форма и размер которой показаны на рис. 2.

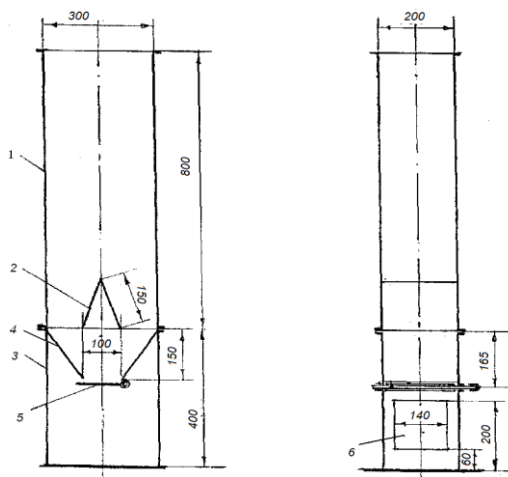


Рис. 2. – Лабораторная модель камеры с распределительным устройством
1 – верхняя камера; 2 – делитель кокса; 3 – нижняя камера; 4 – направляющие кокса;
5 – шибер поворотный; 6 – окно для выгрузки кокса

Цель эксперимента заключалась в построении кривой отклика при импульсном вводе индикатора, характеризующей распределение частиц по времени пребывания в камере, в безразмерных координатах $c = f(\theta)$. Тут c – безразмерная (относительная) концентрация индикатора в выгружаемых порциях кокса; θ – безразмерное время пребывания частиц в камере. Исследования проводились на коксовом «орешке» (фракция 10–25 мм) с использованием в качестве индикатора крашенных кусков.

Исследования структуры потока кокса в лабораторных условиях показали, что предложенное распределительное устройство обеспечивает равномерное по сечению камеры движение кокса, близкое к режиму идеального вытеснения. Следующим этапом исследований является моделирование структуры потока

охлаждающего газа для предлагаемой конструкции камеры сухого тушения.

УДК 662.749+546.273

Швец И. И., Збыковский Е. И.

Донецкий национальный технический университет, Украина

Золотарев И. В.

ЗАО «Макеевкокс», Украина

Тамко В. А.

Институт физико-органической химии и углехимии НАН Украины, Украина

УЛУЧШЕНИЕ ПРОЧНОСТИ КОКСА ПОСЛЕПЕЧНОЙ ОБРАБОТКОЙ СОЕДИНЕНИЯМИ БОРА

Получение качественного доменного кокса на КХЗ связано с использованием высококачественных коксующихся углей, дефицит которых с каждым годом увеличивается. Недостаток необходимых марок углей, в требуемом количестве, не дает возможности коксохимикам получать качественный кокс. Кроме того, в настоящее время международными стандартами введены дополнительные характеристики качества кокса (индекс реактивности кокса CRI) и механической прочности кокса после реакции (CSR), которые учитывают условия и характер поведения кокса в доменной печи (международным стандартом ISO 18894:2006). Требования металлургических заводов Западной Европы и Северной Америки к качеству доменного кокса по показателям CSR и CRI очень высокие и составляют CSR – более 55-70%, CRI – менее 22-30%. Поэтому, перед коксохимиками стоит задача поиска путей и способов получения доменного кокса требуемого качества, при реально существующей угольной базе.

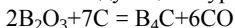
Для получения доменного кокса с высокими качественными показателями необходимы высококачественные коксующиеся угли. В связи с дефицитом высококачественных коксующихся углей в Украине, на коксохимических заводах вынуждены вводить в шихту для коксования повышенные количества слабоспекающихся и неспекающихся марок углей, а также изменять условия и режимы коксования, что отрицательно сказывается на качестве доменного кокса. Поэтому основное количество кокса выпускаемого коксохимическими заводами Украины низкого качества, особенно по показателям CSR и CRI, которое составляет CSR<40%, а CRI>35%. Кокс с такими качественными показателями не удовлетворяет требованиям к коксу, как металлургических заводов Украины, так и экспортным поставкам. Это отрицательно сказывается на технико-экономических показателях металлургических заводов, качестве выпускаемой ими продукции и соответственно на работе коксохимических заводов.

В настоящее время проблемы улучшения качества доменного кокса, коксохимиками пытаются решить, используя различные способы: изменение условий и параметров работы коксовой печи, трамбование шихты, брикетирование и гранулирование шихты со связующими веществами, разработку дифференциального состава угольной шихты, учитывающего дополнительно такие показатели как петрографический состав углей, состав золы и другие. Использование этих способов при получении кокса, не всегда приводит к

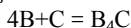
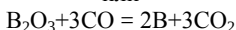
желательному улучшению его качества, в том числе и по показателям CSR и CRI.

Одним из путей решения проблемы улучшения качественных характеристик (CSR и CRI) доменного кокса, могут быть способы, направленные на обработку кокса неорганическими веществами способными, при определенных условиях, создавать на поверхности кокса прочную пленку, устойчивую к воздействию окислительных газов (O_2 , CO_2 и др.) газов.

Основываясь на данных литературных исследований можно предположить, что важным элементом для решения поставленных задач может быть бор, точнее его неорганические соединения. С одной стороны, известно, что даже небольшая ($1\text{--}3\cdot 10^{-3}\%$) добавка бора к стали и некоторым сплавам цветных металлов значительно повышает механические и коррозионные свойства стали, обуславливая им мелкозернистость структуры. С другой стороны, присутствие бора в доменном коксе и нахождении его при высокой температуре ($\approx 1400^\circ\text{C}$), то есть при температуре, которая может быть в горне доменной печи, может привести к взаимодействию с углеродом кокса с образованием карбидов, по реакциям, которые можно выразить следующими уравнениями:



или



Карбиды сочетают в себе великолепные физико-механические свойства и устойчивы к химическому воздействию при высоких температурах. Исходя из, вышеизложенного можно заключить, что присутствие бора в доменном коксе не будет ухудшать качество чугуна и стали.

Особый интерес для получения доменного кокса могут представлять неорганические соединения бора, особенно ортоборная кислота H_3BO_3 и соли борной кислот – бораты, важным соединением из которых является тетраборат натрия $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$.

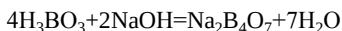
Для исследования влияния неорганических добавок на изменение качественных параметров CSR и CRI доменного кокса были выбраны неорганические соединения бора: ортоборная кислота (H_3BO_3) и бораты, в частности тетраборат натрия $Na_2B_4O_7$. Также были отобраны три пробы доменного кокса на КХЗ ОАО Макеевкокс со следующими показателями CSR и CRI:

Проба кокса №1 – CSR = 42,3%; CRI = 38,3%;

Проба кокса №2 – CSR = 39,7%; CRI = 38,9%;

Проба кокса №3 – CSR = 53,9%; CRI = 29,8%.

Тетраборат натрия готовили путем обработки борной кислоты гидрооксидом натрия в соответствии с уравнением реакции:



Обработку кокса производят водными растворами исследуемых веществ. Для улучшения смачивания кусков доменного кокса водным раствором исследуемого вещества, используют смачиватель ДБ (ТУ С 0053000) или ОП-10 (ГОСТ 8433-81).

В табл. 1 приведены результаты исследования влияния обработки доменного кокса раствором борной кислоты и тетрабората натрия на „холодную” прочность кокса, определяемую традиционными способами (копровым методом и прочность кокса по Грязнову). Для обработки кокса использовали 5%-ный водный раствор исследуемых веществ, из расчета 25 л раствора на 1 т кокса, что соответствует расходу 1,25 кг сухого вещества (в пересчете на безводное состояние) на 1 т доменного кокса. Результаты исследований приведены в табл. 1.

Таблица 1

Влияние обработки доменного кокса раствором H_3BO_3 и $Na_2B_4O_7$ на „холодную” прочность доменного кокса

№ пробы	Исследуемое вещество	Прочностные характеристики кокса (копровый метод)			Прочность кокса, определяемая по методу Грязнова, %
		индекс прочности (П), Дж/дм ²	сопротивление дроблению (Р), %	Истираемость (И), %	
1	Исходный доменный кокс	72,2	60,5	27,2	71,6
2	Кокс, обработанный 5% раствором H_3BO_3	75,9	62,8	26,4	76,2
3	Кокс, обработанный 5% раствором буры	80,3	64,6	24,4	78,0

Данные табл. 1 показывают, что при обработке кокса борной прочностные показатели кокса улучшаются. Так показатель П увеличивается на 5,1 %; Р – 3,8%, прочность по Грязнову – 6,4%. Снижается истираемость кокса. Более значительно увеличиваются прочностные показатели доменного кокса, обработанного раствором тетрабората натрия. Показатель П увеличивается на 11,1%; Р – 6,7%; прочность по Грязнову – 8,9%. Более существенно снижается истираемость кокса. Таким образом, для обработки доменного кокса предпочтительней использовать раствор тетрабората натрия.

В табл. 2 приведены результаты исследований влияния обработки доменного кокса раствором борной кислоты и тетрабората натрия на изменение качественных показателей CSR и CRI кокса. Приведена также зависимость изменения этих параметров от концентрации раствора тетрабората натрия, то есть от количества сухого вещества вводимого в кокс. Для обработки использовали фракцию кокса крупностью 19,0-22,1 мм.

Данные табл. 2 показывают, что при обработке доменного кокса раствором буры из расчета 25л раствора на 1т кокса, оптимальной концентрацией для обработки кокса, является 6,5%-ный раствор буры, то есть расход сухой буры (в пересчете на безводное состояние) на 1 т кокса составит 1,625 кг. Прочность кокса после реакции (CSR) увеличивается на 11,2% абс. или на 26,5% отн. по отношению к CSR исходного кокса. Индекс реактивности при этом снизился на 6,7% абс. или на 17,5% отн. При обработке доменного кокса раствором буры меньших концентраций, прирост качественных показателей CSR и CRI несколько ниже. Величина этих показателей ниже и для доменного кокса, обработанного

раствором буры большей концентрации (8,5).

При обработке доменного кокса 6,5%-ным раствором борной кислоты (табл. 2), прочность кокса поле реакции (CSR) также увеличивается, но это увеличение значительно ниже, чем при обработке кокса раствором буры.

Таблица 2

Влияние обработки доменного кокса водным раствором буры и борной кислоты, на изменение его качественных показателей CSR и CRI

Исследуемое вещество	Концентрация раствора, %	Расход раствора из расчета л/т кокса	Расход сухого вещества кг/т кокса	CSR, %	CRI, %
Исходный доменный кокс, проба №1	—	—	—	42,3	38,3
Кокс, обработанный раствором буры	2,5	25	0,625	48,0	34,3
Кокс, обработанный раствором буры	4,5	25	1,125	49,9	34,2
Кокс, обработанный раствором буры	6,5	25	1,625	53,5	31,6
Кокс, обработанный раствором буры	8,5	25	2,125	49,0	33,8
Кокс, обработанный раствором борной кислоты	6,5	25	1,625	47,3	34,9

Сравнивая данные результатов исследований влияния обработки раствором буры доменного кокса разного качества (табл. 2) можно отметить, что эффективность обработки, то есть улучшение качественных параметров CSR и CRI кокса зависит от изначального качества кокса. Для кокса с более низкими исходными показателями CSR и CRI эффективность обработки выше. Так, при обработке раствором тетрабората натрия образца №1 доменного кокса с показателем CSR = 42,3%, эффективность обработки составила 11,2 % абс. или 26,5% отн., для образца №3 доменного кокса с исходным показателем CSR = 53,9% соответственно 8,1% абс. или 15,0% отн.

Однако, в результате обработки кокса с достаточно высокими показателями качества $CSR \geq 50\%$ и $CRI \leq 32\%$, можно получать качественный доменный кокс соответствующий международным стандартам качества.

Улучшение качества доменного кокса по показателям CSR и CRI достигается при использовании внепечной его обработки водными растворами неорганических веществ. Наиболее перспективны для обработки доменного кокса неорганические соединения бора, в частности относительно недорогие и доступные тетрабораты, а использование их для обработки кокса позволяет значительно улучшить его качественные показатели CSR и CRI. Присутствие в коксе бора не ухудшает качество стали.

Киселёв Ю. В., Киселёв В. П.

РАЗРАБОТКА ЭКСПРЕСС-АНАЛИЗАТОРА ДЕТОНАЦИОННОЙ СТОЙКОСТИ БЕНЗИНОВ

Проведенные исследования позволили создать функциональную схему устройства для определения детонационной стойкости бензинов и их компонентов, определить требования к элементам измерителя, создать их принципиальные схемы и рассчитать их элементы, разработать конструкцию прибора, собрать его и провести испытания.

Выбор метода определения детонационной стойкости обусловлен несколькими требованиями:

Метод должен быть предельно прост и понятен потребителю.

Метод должен позволять достаточно просто произвести поверку прибора и проверить результат измерения.

Поверка должна основываться на измерении параметров известных эталонов.

Наиболее распространённым методом количественного измерения вообще в практике аналитического приборостроения и при оценке качества продуктов нефтехимии в частности является метод сравнения параметров исследуемого объекта (в нашем случае, вещества) с параметрами другого объекта (вещества) принимаемого за эталон. При этом обязательным условием является, обеспечение идентичности условий, в которых производится сравнение.

Поскольку арбитражный метод измерения детонационной стойкости базируется на классическом методе сравнения исследуемых топлив с эталонами, естественным было, насколько возможно, сохранить сравнительный метод и используемые эталоны для разрабатываемого прибора.

Этому способствовало и то обстоятельство, что ни один из альтернативных методов предлагавшийся в последние годы, не имел эталонов для сравнения результатов определения.

Метод сравнения был всем хорош, он удовлетворял практически всем четырём поставленным условиям, но было одно затруднение – что принять за единицу определения.

Арбитражный метод, принятый во всём Море, в качестве единицы измерения принята октановая единица (О.Е.). Она численно равна процентному содержанию изооктана в эталонной смеси с *n*-гептаном. Однако, по определению она только тогда становится октановой единицей, когда в одноцилиндровом двигателя, работающем на этой смеси или на сравниваемом с ней топливе, возникнет устойчивая детонация. Иначе говоря, особенностью понятия октанового числа и октановой единицы топлива является привязка их к параметрам одноцилиндрового двигателя внутреннего сгорания и, следовательно, без двигателя такого параметра как «октановое число топлива» просто не существует.

Более того, возникновение детонации (именно взрывов в цилиндре) в одноцилиндровом двигателе прямо пропорционально детонационной стойкости топлив, как по моторному, так и по исследовательскому методам, разница заключается лишь в использовании различных режимов работы двигателя.

Определение октанового числа температурным методом затруднено

нелинейностью зависимости температуры стенок цилиндра двигателя от детонационной стойкости топлива, чем и объясняется использование искусственного приема линеаризации детонационной характеристики.

С развитием вычислительной техники появились большие возможности проводить сравнительный анализ одновременно двух, трех и более величин. Используя быстродействие современных компьютеров, большой объём постоянной и оперативной памяти, решение задач сравнительного анализа существенно упростилось.

С целью приближения методики оценки детонационной стойкости топлив с помощью предлагаемого анализатора к методике арбитражных измерений, представляется целесообразным ввести понятие эквивалентного октанового числа (ЭОЧ). Эквивалентность его будет состоять в следующем:

Эквивалентное октановое число, как и арбитражное октановое число, численно равно процентному содержанию изооктана в эталонной смеси с *n*-гептаном, но определяемое при сгорании топлива в специальном реакторе в режиме холоднотламенного окисления.

Эквивалентное октановое число исследуемого топлива будет определяться, как и в арбитражном методе, путём сравнения его параметров горения с параметрами горения эталонных смесей.

Сравниваемыми параметрами будут температура и время протекания реакции окисления топлива при определении ЭОЧ, как при моторном, так и при исследовательском методах. Сравниваться они будут с температурой и временем протекания реакции окисления эталонных топлив.

При определении эквивалентного октанового числа по моторному методу сравниваться будут температурные параметры испытуемого топлива и эталонной смеси (такие как: максимальная температура, развиваемая сравниваемыми топливами в реакторе, приращение температуры, выделяемая энергия и т.д.).

При определении эквивалентного октанового числа по исследовательскому методу сравниваться будут временные параметры испытуемого топлива и эталонной смеси (например, время протекания реакции, длительность отдельных участков хода реакции и т.п.).

С другой стороны, термин эквивалентное октановое число подчеркивает факт определения параметров горения исследуемых топлив и сравнение их с аналогичными параметрами горения эталонных смесей не в цилиндре двигателя, а в специальном реакторе.

Иначе говоря, как и в арбитражном методе, предполагается, что протекание реакции окисления исследуемого топлива и эталонных смесей происходит в одних и тех же условиях, в одном и том же реакторе. Более того, эти условия, как и в арбитражном методе, должны поддерживаться системой стабилизации с высокой точностью.

Функциональная схема определителя октанового числа топлив.

Рассмотрим состав и назначение элементов схемы.



Рис.1. Функциональная схема экспресс-анализатора ОЧ

Смеситель – предназначен для создания топливовоздушной смеси исследуемого вещества. Его задачей является формирование качественной нормальной и равномерно распределенной во времени топливовоздушной смеси. Он представляет собой замкнутый объём, в который постоянно подаётся воздух, а во время проведения измерений и исследуемое топливо.

Пневмоблок – предназначен для создания стабильного по скорости и однородного во времени воздушного потока, который необходим для возникновения и поддержания реакции окисления исследуемого топлива и эталонных смесей. Он состоит из компрессора, схемы стабилизации воздушного потока и схемы измерения скорости воздушного потока.

Микродозатор – предназначен для строго дозированной подачи топлива параметры которого надо измерить. Микродозатор может быть автоматическим, а в простейшем случае, может представлять собой микрошприц.

Реактор – предназначен для проведения реакции окисления углеводов параметры, которых надо измерить. Он представляет собой замкнутый, теплоизолированный объём, в котором автоматически, с высокой точностью поддерживается температура, обеспечивающая возникновение реакции окисления исследуемого топлива.

Аналитический блок – предназначен для измерения, автоматической стабилизации температуры внутри реактора и измерения изменений температуры внутри реактора при протекании реакции окисления топлива. Кроме того, аналитический блок выполняет функцию аналогоцифрового преобразователя предназначенного, служащего для превращения измеренных параметров в импульсные электрические сигналы, которые можно использовать в персональном компьютере.

Персональный компьютер – предназначен для сбора информации, её анализа и управления всем процессом измерения детонационной стойкости исследуемых топлив. Для этого в него заложена специальная программа, обеспечивающая строгую последовательность действий – алгоритм работы прибора.

Дисплей, клавиатура и мышь – являются атрибутами персонального компьютера и служат для отображения и ввода информации, а так же для управления компьютером и в конечном счете – процессом измерения в целом.

Принцип работы прибора и его элементов.

Разработанная и реализованная схема прибора обеспечивает сравнение параметров реакции окисления исследуемого топлива с параметрами реакции окисления эталонных топлив известной детонационной стойкости. Для этого в жесткую память компьютера закладываются собственные параметры окисления

эталонных топлив, а в его оперативную память записываются собственные параметры реакции окисления испытуемого топлива. Последующее сравнение этих параметров позволяет определить детонационную стойкость исследуемого топлива и выразить ее в виде эквивалентных октановых чисел.

После включения прибора с помощью пневмоблока устанавливается высокостабильный поток воздуха, проходящий через смеситель и реактор. Реактор, при этом, нагревается до температуры самовоспламенения автомобильных бензинов и прогревает проходящий через него поток воздуха. Реактор снабжен системой измерения температуры внутри реактора и системой измерения и поддержания собственных температурных параметров. Система стабилизации собственных параметров, которой снабжен реактор, является высокоточной системой автоматического регулирования, обеспечивающей долговременную стабильность свойств реактора. После прогрева реактора прибор готов к работе.

Оператор с помощью микродозатора вводит в смеситель дозу исследуемого топлива, где испаряясь она смешивается с воздушным потоком, образуя, в последнем, участок топливовоздушной смеси. Двигаясь в стабильном потоке воздуха, топливовоздушная смесь попадает в реактор, где происходит её окисление. Температура внутри реактора при этом изменяется. Закон её изменения определяется свойствами топлива и, в частности, его детонационными свойствами. Изменение температуры фиксируется термодатчиком, сигнал с которого поступает в аналитический блок, где преобразуется в цифровой сигнал способный восприниматься компьютером.

Поступивший в компьютер сигнал запоминается, накапливается, обрабатывается статистически и далее используется для определения эквивалентного октанового числа.

УДК 665.73/(.063.75)

**Будзинська І. А., Харченко Н. О.,
Красільнікова Н. Н., Мартинюк М. А.,
Кочірко Б. Ф.**
УкрНДІ НП «МАСМА», Україна

ЩОДО СТАНДАРТИЗАЦІЇ НОВИХ МАРОК МОТОРНИХ ПАЛИВ

В УкрНДІНП "МАСМА" активно ведуться роботи зі стандартизації альтернативних видів моторних палив – біопалив на базі відновлюваної сировини, зокрема з використанням спиртів (біоетанола, біобутанола тощо) для виготовлення біобензинів та з використанням олій і жирів для виготовлення біодизельного палива.

В інституті розроблено проект національного стандарту на біодизельне паливо ДСТУ XXXX:200X "Паливо альтернативне. Естери етилові жирних кислот олій і жирів для дизельних двигунів. Технічні вимоги та методи контролювання", гармонізованого до EN 14214:2008 в частині класифікації та в частині загальних технічних вимог, який на даний час знаходиться на експертизі в

НДІ стандартизації перед прийняттям Держспоживстандартом України.

Інститутом проведено експертизу та узгоджено проекти першої, другої та третьої редакцій національного стандарту ДСТУ 6081:2009 "Паливо моторне. Ефіри метилові жирних кислот олій і жирів для дизельних двигунів. Технічні вимоги", розробленого науково-дослідним технологічним інститутом Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка (НДТІ ХНТУСГ) у співпраці з фахівцями УкрНДІНП "МАСМА" та інших інститутів; узгоджено проекти першої та другої редакції національного стандарту "Біоетанол. Технічні умови", розробленого науково-дослідним інститутом спирту і біотехнології продовольчих продуктів (УкрНДІспиртбіопрод).

Якщо для біодизельних палив вже проведена значна робота зі створення національних нормативних документів, то для біобензинів всі роботи тільки на початковій стадії.

Інститутом розроблено декілька технічних умов (ТУ) на біобензини та їх компоненти, зокрема на біопаливо автомобільне А-98 БЮ, паливо моторне Еу, біокомпонент моторних палив "НИВА". Крім того, проведено експертизу низки проектів ТУ на біодизельні палива, біопалива на основі біоетанолу, компоненти до біопалив та добавки до них, надісланих підприємствами – виробниками біопалив. Згадані проекти ТУ було перевірено, надано пропозиції і зауваження та узгоджено після усунення недоліків.

Що стосується розроблення національного стандарту на біобензини, то ця робота гальмується за відсутності фінансування.

Досвід робіт з розроблення та впровадження національних стандартів на дизельне паливо та бензини автомобільні підвищеної якості (ДСТУ 4840:2007 та ДСТУ 4839:2007 відповідно) показав, що впровадження цих стандартів затримується розробленням національних стандартів на методи контролювання показників якості цих палив.

Вважаємо, що одночасно з розробленням національного стандарту на біобензини необхідно розробляти національні стандарти на методи їх випробувань шляхом гармонізації з європейськими та міжнародними стандартами чи шляхом використання стандартів ASTM D; також потрібно розробити стандарт на методи відбирання проб біопалив та стандарт на маркування, пакування, транспортування і зберігання біопалив.

УДК 665.73/(063.75)

Драганчук О. Т., Любінін Й. А.,
Харченко Н. О., Будзинська І. А., Лазор Т.
УкрНДІ НП "МАСМА", Україна

УПРОВАДЖЕННЯ НОВИХ СТАНДАРТІВ – ШЛЯХ ДО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ПАЛИВ

Якість продукції – це важливий стратегічний фактор у конкурентній боротьбі виробників. З метою підвищення якості нафтопродуктів УкрНДІНП "МАСМА" постійно займається розробленням нових нормативних документів, зокрема

національних стандартів на нафтопродукти та методи їх випробувань.

Інститутом розроблено національні стандарти на моторні палива підвищеної якості: ДСТУ 4839:2007 "Бензини автомобільні підвищеної якості. Технічні умови" та ДСТУ 4840:2007 "Паливо дизельне підвищеної якості. Технічні умови". В зазначених стандартах ураховано вимоги європейських стандартів EN 228:2004 та EN 590:2004 (відповідно) до екологічних норм категорії Євро-4.

Для впровадження ДСТУ 4839:2007 та ДСТУ 4840:2007 в Україні необхідно:

а) провести реконструкцію технологічних виробництв з випуску автомобільних бензинів та дизельного палива підвищеної якості на діючих НПЗ;

б) впровадити в Україні, згідно з встановленою процедурою, стандарти ISO, EN, EN ISO на методи випробувань показників якості палив, які закладені в розроблених стандартах. На даний час частина стандартів вже впроваджена, інша частина - знаходиться в роботі на різних етапах, розроблення 12-ти стандартів, що залишилися, не розпочато із-за відсутності фінансування.

Впровадження в Україні міжнародних (ISO) та регіональних (EN) стандартів на методи випробувань дасть можливість аналізувати та випускати конкурентоздатні моторні палива, буде сприяти підвищенню якості нафтопродуктів, поліпшенню екологічного стану довкілля, розвитку торгівлі з іноземними державами.

Для забезпечення України моторними паливами підвищеної якості нафтові компанії виготовляють "брендові" автомобільні бензини та дизельне паливо згідно з технічними умовами (ТУ), оскільки вітчизняні НПЗ не випускають автомобільні бензини та дизельне паливо відповідної якості (ДСТУ 4839:2007 та ДСТУ 4840:2007 діють, але не впроваджені). Тому, на прохання деяких нафтових компаній, інститутом розроблено низку ТУ на "брендові" марки бензинів та дизельного палива; на прохання інших нафтових компаній погоджено ряд ТУ на зазначені продукти, розробниками яких є ці компанії.

"Брендові" автомобільні бензини та дизельне паливо отримують шляхом компаундування імпортних автомобільних бензинів (згідно з EN 228) чи дизельного палива (згідно з EN 590) з багатофункціональними присадками.

Для забезпечення випуску нафтопереробної та нафтохімічної продукції необхідної якості контролю підлягають численні характеристики властивостей вихідної сировини, напівфабрикатів і готової продукції. Для цього використовують різноманітні методи й технічні засоби.

З метою забезпечення автомобільного транспорту скрапленим нафтовим газом європейської якості інститутом розроблено, погоджено та подано на експертизу до НДІ стандартизації ДП "УкрНДНЦ" для прийняття Держспоживстандартом України проект національного стандарту ДСТУ EN 589:20XX "Палива автомобільні. Газ скраплений нафтовий. Технічні умови (prEN 589:2008, IDT)". Введення зазначеного стандарту сприятиме поліпшенню екологічної ситуації та безпеки на автомобільних шляхах України. Але для цього необхідно попередньо впровадити низку стандартів ISO, EN, EN ISO на методи випробувань, закладених в проект ДСТУ EN 589:20XX.

Впровадження іноземних стандартів, зокрема стандартів американської асоціації випробувань і матеріалів (ASTM D), потребує і впровадження національного стандарту ДСТУ 4796:2007 "Паливо авіаційне для газотурбінних

двигунів ДЖЕТ А-1. Технічні умови". В цьому напрямку інститутом вже розроблено, погоджено та подано на експертизу до НДІ стандартизації ДП "УкрНДНЦ" для прийняття Держспоживстандартом України три проекти національних стандартів: на визначення питомої електричної провідності авіаційних і дистилятних палив, на визначення водосепараційних характеристик в турбореактивних авіаційних паливах та на визначення термоокиснювальної стабільності в турбінних авіаційних паливах.

Для виконання робіт з розроблення зазначених національних стандартів необхідне відповідне фінансування. На даний час ведучі підприємства нафтопереробної галузі не проявляють зацікавленості в наданні коштів. Сподіваємося, що надалі ситуація щодо розроблення національних стандартів зазнає змін, а може й покращиться, якщо у фінансуванні розробок будуть залучатися й кошти держбюджету.

УДК 621.83

Железний Л. В., Венгер І. О., Папейкін О. О.

УкрНДІ НП «МАСМА», Україна

Мележик О.А.

ДП «Орган з сертифікації нафтопродуктів
та систем якості «МАСМА-СЕПРО», Україна

ВИЗНАЧЕННЯ АДГЕЗІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ МАСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

Адгезія – це сили зв'язку, що виникають між поверхнею твердого тіла та нанесеним на неї мастилом. Збільшення адгезії відповідає кращому утриманню мастила на рухомих з'єднаннях деталей машин і механізмів та більш ефективному захисту їх від зношування та корозії.

Вважається, що найбільш простими та методично правильними для визначення адгезії мастил є методи, що базуються на руйнуванні зв'язків між металом та мастилом під дією відцентрової сили. На цій основі в УкрНДІНП «МАСМА» сконструйований прилад та розроблена методика для визначення адгезійної здатності мастил. Завдяки застосуванню спеціальних фігурних пластин створені умови для єдиного типу відривання. На шар мастила діє однакова за величиною відцентрова сила. Нанесення фіксованого за товщиною шару мастила на пластини забезпечується спеціальним шаблоном. Треба відзначити, що через різну густину мастил їхня вага на пластинах варіюється у деякому інтервалі.

Пристрій для дослідження адгезійних властивостей мастильних матеріалів складається з високооборотного електродвигуна з автоматичним регулюванням числа обертів та датчиком тривалості випробування, що розміщується у корпусі пристрою, і вимірювальної системи, яка виконана у вигляді плоского робочого диску, насадженого на вихідний вал двигуна. Робочий диск містить гнізда для фігурних пластин з досліджуванним мастилом та щити, що захищають пластини від потоку повітря.

Пристрій працює у такому режимі. Зовнішню поверхню двох або іншої парної кількості фігурних пластин оброблюють до потрібної шорсткості та

послідовно промивають неполярним та полярним розчинниками. За допомогою спеціального шаблону на пластини наносять шар мастила. Фігурні пластини встановлюють разом із захисними щитами у гнізда робочого диску. Задають необхідну швидкість обертання диску та тривалість експерименту. До і після випробувань пластини зважують. За результатами досліджень визначають кількість мастила, що залишилася на пластині, розраховують величину відцентрової сили ($F = mR\omega^2$). Відцентрова сила дорівнює силі когезійного або адгезійного зчеплення.

Через відсутність у базової нафтової оливи (олива МС-20) внутрішнього структурного каркасу відривання її від металевій пластини відбувається пропорційно зростанню відцентрової сили (див. рис.). Вже при величині відцентрової сили, що дорівнює $4,95 \cdot 10^{-4}$ Н, на пластині оливи не залишається. Ця сила є силою адгезії для даного типу нафтової оливи.

Як свідчить рисунок, сили зчеплення мастила з металом (сили адгезії) є міцнішими сил внутрішнього зчеплення мастил (сили когезії). Підтвердженням цього є те, що при спробі видалити мастило з поверхні металу його відривання здійснюється не по межі мастило - метал, а у об'ємі мастила.

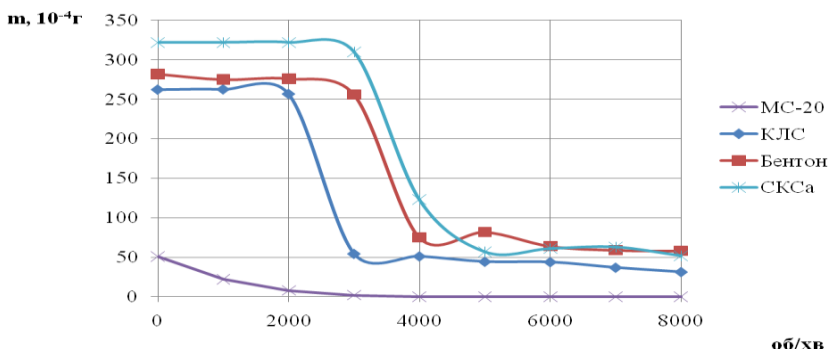


Рис. Залежність втрат маси мастила на пластині від швидкості обертання робочого диску

Для всіх випробуваних зразків мастил, а саме, для комплексного літійового, надлужного комплексного алкілсаліцилатного кальційового та бентонітового, що виготовлені на оливі МС-20, спостерігається однакова тенденція. Зі зростанням відцентрової сили відривання мастила спочатку відсутнє. Воно відбувається при певній величині відцентрової сили, що перевищує сили когезії.

Величина сил когезії (або інакше – механічна міцність мастила) для КLi-мастила становить $2,85 \cdot 10^{-3}$ Н, для бентонітового мастила – $6,92 \cdot 10^{-3}$ Н, для КСа-мастила – $8,15 \cdot 10^{-3}$ Н. Тобто, найбільш механічно міцний каркас має саме КСа-мастило.

Після певної втрати маси шар мастила на металевій пластині стабілізується і до певної межі не залежить від зростання прикладеної відцентрової сили. Це, так званий, адгезійний шар мастила, що утримується адгезійними силами.

Для кожного типу мастила прикладена відцентрова сила, за якої утворюється

адгезійний шар мастила, тобто сила адгезії, є сталою величиною і залежить як від кількості мастила у шарі, так і від швидкості обертання диску. Досліджені мастила за величиною сили адгезії шикуються у ряд: $\text{KСа-мастило} > \text{бентонітове мастило} > \text{KLi-мастило}$.

УДК 665.6.013 (083.81) (5/9)

Павлов А. А.
УкрНИИ НП «МАСМА», Україна

АНАЛИЗ ДИНАМИКИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОТЫ НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ УКРАИНЫ

Исторически в Украине сложилась ситуация, когда при ускоренном росте в 60–80-х гг. мощностей нефтеперерабатывающих заводов (НПЗ) по первичной переработке нефти, не было уделено должного внимания вводу вторичных процессов. Изоляция украинских НПЗ от мирового нефтяного рынка вплоть до 2000 г. привела к несоответствию качества отечественных нефтепродуктов европейскому уровню: неэтилированные бензины содержат высокий процент ароматики, дизельное топливо – серы.

К 2000–2002 гг. украинские НПЗ были приватизированы. За счет приватизации отрасли предполагалось достичь: ускорения технического развития НПЗ, повышения качества продукции, улучшения экологической ситуации, стабильных поставок нефти и др. Анализ динамики показателей деятельности отрасли за последние 8 лет позволяет сделать предварительные выводы о фактическом влиянии приватизации на показатели развития нефтеперерабатывающих предприятий.

Планы по техническому перевооружению выполнялись только теми НПЗ, которые имели мощных владельцев, обеспечивающих техническое развитие предприятий и поставку нефти: это ЗАТ «ЛИНИК» (Лисичанский НПЗ - 80 % его акций владеет холдинг «ТНК-ВР-Украина») и ПАО «Лукойл-Одесский НПЗ» (99,6 % акций – владеет «LUKOIL Europe Holdings B.V.»), а на остальных отечественных НПЗ – планы модернизации выполнялись ниже 10 %, процесс перепродажи акций или корпоративные споры здесь продолжают, вопросы технического развития решаются медленно.

В результате, с 2007 г. ЗАТ «ЛИНИК» первым в Украине перешел на выпуск экологичного дизтоплива с пониженным содержанием серы (50 ppm масс.), которое по качеству соответствует нормам «Евро-4». С 2000 г. инвестор построил на заводе несколько новых производственных установок, а также модернизировал установку получения элементарной серы. Общий объем инвестиций в НПЗ за период 2000–2009 гг. составил около \$ 450 млн.

В 2009 г. подготовлен проект реконструкции установок первичной переработки нефти и каталитического реформирования, в текущем году компания рассчитывает реализовать этот проект. В 2010 г. ЗАО «ЛИНИК» планирует также реконструировать установки гидроочистки дизтоплива для дальнейшего снижения содержания серы и установок изомеризации и риформинга, чтобы улучшить

качество очистки товарных бензинов. Реализуется крупномасштабная программа защиты окружающей среды.

На ПАО «ЛУКОЙЛ-Одесский НПЗ» в 2001–2004 гг. техперевооружение проведено практически без остановки производства, реконструированы установки: каталитического риформинга и вторичной перегонки бензина (расширен ассортимент и повышено качество бензинов); атмосферно - вакуумной установки (с увеличением выхода светлых нефтепродуктов и в перспективе – увеличением ее мощности). Построены и введены в эксплуатацию: установка изомеризации мощностью 120 тыс. т/год по лицензии американской фирмы «UOP» (позволяет довести качество бензинов до уровня «Евро-3» и увеличить долю высокооктановых бензинов до 90 %); эстакада налива светлых нефтепродуктов в автоцистерны по базовому проекту фирмы «Мавег» и др.

В 2006–2008 гг. на заводе перепрофилирована установка АТ под процесс висбрекинга гудрона, что на 16 % снизило в выпуске долю топливного мазута и увеличило долю вакуумного газойля на действующей установке ЭЛОУ-АВТ. Заканчивается реконструкция комплекса гидроочистки керосино – газойлевой фракции, предусматривающая разделение процессов гидроочистки дизельной и керосиновой фракции с целью возобновления производства топлива для реактивных двигателей РТ и увеличения мощности комплекса по сырью. Произведена замена катализатора на секции гидроочистки дизельной фракции, что позволило довести качество дизтоплива до требований «Евро-4» с содержанием серы до 50 ppm масс.

После завершения первого этапа реконструкции ПАО «ЛУКОЙЛ-Одесский НПЗ» глубина переработки нефти выросла с 52% до 74%, выход светлых нефтепродуктов – с 38% до 52%. Проведенные мероприятия позволяют выпускать бензины, отвечающие стандартам «Евро-3», дизтопливо – стандартам «Евро-4», в то время как до реконструкции завод производил нефтепродукты, не отвечающие евростандартам. После завершения второго этапа реконструкции НПЗ глубина переработки нефти достигнет 96 %, выход светлых нефтепродуктов – 74 %. В 2008 г. инвестиции в развитие производственных мощностей предприятия составили около \$ 30 млн, в 2009 г. – около \$ 60 млн.

Приведенные примеры позволяют сделать вывод о том, что при приватизации таких технологически сложных и капиталоемких объектов, какими являются предприятия нефтеперерабатывающей отрасли, необходимо ориентироваться на привлечение крупных инвесторов, имеющих многолетний опыт работы в отрасли и обладающих сырьевыми ресурсами и крупным капиталом.

Глубина переработки нефти в среднем по отрасли за рассматриваемый период изменилась на +10 % (до 70–72 %); выход светлых нефтепродуктов: на +15 % (до 64 – 66 %), доля мазута к объемам переработки нефти уменьшилась незначительно - на 8 % (до 23-25 %).

Доля высокооктановых бензинов в общем выпуске бензинов выросла на 55 %; доля выпуска дизельного топлива с содержанием серы до 0,05 %. составляет почти 40 % (в 2000 г. – такого топлива не производилось). В тоже время отдельные НПЗ оказались в трудном положении из-за отсутствия технической возможности выпускать моторное топливо по действующим украинским и европейским стандартам (по содержанию серы и ароматических), необходима их

реконструкция.

Поставки нефти на отечественные заводы за последние годы значительно уменьшились, существует острая необходимость диверсификации источников поставки, в т.ч. поставками из Казахстана и Азербайджана (которые имеют значительный экспортный потенциал), не определены другие альтернативные поставщики. Мощности НПЗ по первичной переработке загружены меньше, чем на треть от потенциальных возможностей.

Рынок нефтепродуктов в стране емкий: по данным Минтопэнерго Украины, в год потребляется в среднем около 12 млн.т нефтепродуктов, в т.ч. до 5 млн.т бензина, до 6 млн.т. дизтоплива и около 1 млн.т. мазута. В последние годы сокращается выпуск нефтепродуктов на украинских НПЗ и возрастает завоз их по импорту. В 2009 г. объемы импорта нефтепродуктов незначительно снизились по сравнению с предыдущим годом.

Кроме шести НПЗ в Украине функционируют более 30 мини-НПЗ и свыше 6 тысяч автозаправочных станций (АЗС). Результаты проводимых органами Госпотребстандарта Украины плановых проверок свидетельствуют, что довольно ощутимая доля нефтепродуктов, производимых и реализуемых в Украине, не отвечает требованиям отечественных и европейских стандартов по качественным и экологическим показателям. Ситуация с качеством нефтепродуктов год от года ухудшается. Действующая государственная система контроля качества нефтепродуктов не обеспечивает улучшения ситуации и требует совершенствования, в т.ч. за счет привлечения потенциала отраслевой науки, новейших технических средств по оценке качественных показателей. Не решаются в необходимых масштабах вопросы экологической безопасности функционирования отрасли:

Недостаточно используются имеющейся потенциал отраслевой науки в решении вопросов повышения качества нефтепродуктов, в обеспечении гармонизации отечественных нормативных документов на нефтепродукты с европейскими стандартами, в расширении использования экологически чистых или альтернативных видов топлив для транспорта и добавок к ним, улучшении экологической ситуации в районах размещения промышленных объектов топливно-энергетического комплекса и т.д.

Сложившаяся ситуация на рынке нефтепродуктов выдвинула на передний план проблемы, которые не решались и накапливались за последние 20 лет: замедление темпов перевооружения отрасли, неэффективное использование нефтяного сырья, недостаточные масштабы применения вторичных процессов, обеспечивающих качество продукции на уровне европейских стандартов.

Вывод: потенциал процесса приватизации НПЗ полностью не использован. Главная причина – отсутствие условий по созданию финансовых и материальных ресурсов для перевооружения отрасли, что возможно лишь, при наличии координации партнерского взаимодействия между всеми участниками нефтяного рынка, включая органы власти, в разработке и воплощении мероприятий по развитию отрасли.

Анализ зарубежного опыта развития аналогичных отраслей позволяет наметить основные мероприятия для ускоренного технического развития, в т.ч. создание равных условий для всех участников рынка нефти и нефтепродуктов по

налогообложенню; исключение из базы налогообложения прибыли НПЗ затрат, связанных с их реконструкцией и модернизацией; освобождение от обложения ввозной пошлиной операций по ввозу на территорию Украины оборудования, которое используется для реконструкции и модернизации украинских НПЗ с целью достижения качества выпускаемой продукции европейского уровня; усиление одновременно контроля и ответственности за реализацию на внутреннем рынке некачественных нефтепродуктов; контроль за ходом выполнения реконструкции (модернизации) НПЗ; более полное использование потенциала отраслевой науки.

УДК 665.765.404.9

Любінін Й. А., Железний Л.В.
УкрНДНП “МАСМА”, Україна

СТАН І ПЕРСПЕКТИВИ ВИРОБНИЦТВА МАСТИЛ В УКРАЇНІ ТА В КРАЇНАХ СНД

Світове виробництво і споживання пластичних мастил протягом останніх років стабілізувалось і становить близько 1 млн. т на рік, тобто приблизно 3 % від загального споживання мастильних матеріалів.

Більша частина мастил виробляється з використанням нафтових олів при незначному, однак постійному збільшенні частки мастил на синтетичній основі. Особлива увага в багатьох країнах приділяється розробленню, виробництву та споживанню високотемпературних, а також біорозщеплюваних мастил із дисперсійним середовищем на основі олій чи їхніх похідних. У промислово розвинених країнах світу основним видом вироблених мастил є літійові. В Японії їхня частка становить 60 %, у країнах Західної Європи й Північної Америки – 70 %, у Китаї – 80 %.

На пострадянському просторі практично весь асортимент мастил виробляється в Росії та Україні. В Україні на початку 90-х років вироблялося більше 150 тис. т мастил. Економічна криза й нестача власної сировини призвели до значного спаду їх виробництва. У 2002 р. воно досягало лише 19,7 тис. т, тобто скоротилося майже в 8 разів. З 2002 р. спостерігалось поступове збільшення обсягів виробництва – до 24,5 тис. т у 2005 р. при загальній орієнтовній потужності підприємств – понад 170 тис. т мастил на рік. Починаючи з 2008 г в Україні відбулося різке зниження виробництва мастил.

У 1993 р. на території Росії функціонувало 8 підприємств із загальною потужністю 132,4 тис. т мастил на рік. Сьогодні потужності по виробництву мастил знизилися майже на третину, хоча кількість підприємств до 2007 р. зросла до 18 і продовжує збільшуватися. Загальний обсяг виробництва мастил у Росії в 2000–2006 рр. становив приблизно 50 тис. т на рік. Однак, до 2010 р. їхнє виробництво знизилося до 30 тис. т. За структурою мастил, що виробляються, Росія значно відстає від промислово розвинених країн світу. Так, частка літійових мастил у загальному виробництві залишається невеликою, хоча й спостерігається тенденція до її збільшення (з 23 % у 2004 р. до 34 % у 2008 р.).

В Україні відомі 10 підприємств – виробників мастил. Серед них провідне місце займає ВАТ «АЗМОЛ» (м. Бердянськ). Фактичний випуск мастил разом з вуглеводневими та напіврідкими на цьому підприємстві склав у 2007 р. близько 18 тис. т при переважній частці кальційових (50 %) і літійових (35 %).

Таким чином, у пострадянських країнах дотепер найпоширеніші кальційові мастила, а серед них – гідратовані кальційові або солідоли. Це пояснюється наявністю морально застарілої техніки, у якій виправдано застосування таких мастил, забезпеченістю сировиною й потужностями для їхнього виробництва, а також низькою собівартістю.

У незначних кількостях у СНД виробляються безводні кальційові мастила, які за своїми характеристиками переважають солідоли.

Комплексні кальційові мастила застосовуються до +150 °С, мають гарні трибологічні, захисні та антикорозійні характеристики. Однак, низька механічна стабільність і значне термозміцнення обмежують сферу застосування цих мастил. Обсяги виробництва комплексних кальційових мастил становлять близько 15 % від загального випуску кальційових мастил.

Найбільш перспективними кальційовими мастилами є комплексні надлужні: сульфонатні й саліцилатні. За деякими характеристиками вони перевершують багатоцільові комплексні літійові й алюмінійові, а також полісечовинні мастила.

Літійові мастила ділять на два типи – прості й комплексні. Прості літійові мастила на 12-гідроксистеаринової кислоті характеризуються працездатністю в інтервалі температур від -40 до +120 °С, мають гарну водостійкість, механічну й колоїдну стабільність. Комплексні літійові мастила виробляються в СНД з 1987 р. Залежно від дисперсійного середовища вони працездатні в більш широкому інтервалі температур (від -50 до +160–200°С). Практично єдиним багатотонажним комплексним літійовим мастилом, що масово виробляється в СНД, є мастило ЛКС-металургійне (розробка УкрНДІНП «МАСМА»).

Останнім часом у країнах СНД знизився випуск натрійових і натрієво-кальційових мастил (ЛЗ-ЦНИИ, Консталін, 1-13).

Виробництво алюмінієвих мастил в СНД становить близько 60 т/рік. Комплексні алюмінієві мастила в Росії не випускаються. В Україні їхнє виробництво організовано порівняно недавно на ВАТ «АЗМОЛ».

Виробництво інших мильних мастил в СНД незначне.

Частка немильних мастил на неорганічних загусниках (аеросили, силікагелі, сажа, бентоніти) досягла у 2009 р. 3 %. Головним чином – це або вузькоспеціалізовані високотемпературні (до 200–250°С) хімічно стійкі мастила, або ущільнюючі й різьбові мастила. На ВАТ «АЗМОЛ» нещодавно налагоджений випуск бентонітового мастила АЗМОЛ БЕНТОЛ (спільна розробка з УкрНДІНП «МАСМА»). У РФ бентонітові мастила не виробляються.

У цілому, в Україні виробництво немильних мастил на органічних та неорганічних загусниках досягло у 2007 р. 1,1% (у Північній Америці – 14,5 %, Японії – 27,4 %). У Японії найпоширеніші – полісечовинні мастила. У цій країні на ринку мастильних матеріалів вони витісняють і літійові, і комплексні літійові мастила. Виробництво полісечовинних мастил у країнах СНД поки не вийшло за межі дослідних партій.

У СНД до пластичних мастил відносять вуглеводневі та напіврідкі мастила.

Обсяг виробництва вуглеводневих мастил у Росії в 2008 р. склав близько 2 тис. т/рік. Це головним чином антикорозійні мастила (типу гарматного) і канатні. Виробництво вуглеводневих мастил в Україні в останні роки зберігається на рівні 1–1,5 тис. т на рік.

Напіввідкі мастила займають проміжне положення між рідкими оливами й пластичними мастилами. Останнім часом вони знаходять все більше застосування в редукторах різного призначення. В Україні їх продукують близько 1 тис. т, а в Росії – до 3–4 тис. т рік.

У цілому, з 2000 р. намітилася стійка тенденція до збільшення обсягів виробництва та реалізації мастил. Криза останніх років якоюсь мірою сповільнила ці процеси, однак асортимент мастил як і раніше розширюється.

В умовах зростання, що намітилося в економіці, зростає й попит на мастильні матеріали. Стримуючим фактором збільшення обсягів їхнього виробництва є дефіцит сировини. Через відсутність сировинних компонентів припинене промислове виробництво низки високоякісних приладових, високотемпературних та бензиностійких мастил. В Україні практично відсутнє виробництво ефективних противозношувальних і протизадирних додатків (присадок), а також ефективних інгібіторів корозії. У Росії лише в останні роки організоване виробництво деяких із цих продуктів.

В технології виробництва мастил на більшості підприємств переважають низькотемпературні процеси (максимальна температура виготовлення 120–130 °С) і дуже низький відсоток потужностей, що дозволяють вести високотемпературні процеси з максимальною температурою виготовлення мастил понад 200 °С. Більшість підприємств галузі ще недостатньо оснащені устаткуванням для фінішної обробки мастил (холодильники, деаератори, гомогенізатори), що знижує якість готового продукту.

Не зважаючи на позитивні зрушення, дотепер зберігається традиційно несприятлива структура асортименту мастил. Більшість з них морально застаріли ще 30–40 років тому, а нові високоякісні продукти впроваджуються дуже повільно.

Зростаюча потреба в мастилах для різьбових сполучень, запірних арматур і бурової техніки, стійких до сірководню й газового конденсату, лише на 40 % компенсується вітчизняними ущільнюючими мастилами. Причому, деякі з них містять до 60 % порошоків м'яких металів (у тому числі свинцю), надзвичайно дорогі й екологічно небезпечні. Виробництво долітних мастил у Росії практично відсутнє.

Виробники мастил не встигають за автомобільною галуззю, що швидко прогресує. Катастрофічно не вистачає високоякісних високотемпературних автомобільних мастил для підшипників маточин коліс, шарнірів рівних кутових швидкостей тощо. Мастила на літійових милах не завжди задовольняють вимогам специфікацій виробників автомобільної техніки.

Для буксових роликових підшипників залізничного рухомого складу та метрополітену в країнах СНД дотепер основними залишаються давно морально застарілі мастила ЛЗ-ЦНИИ, 1-13 та ЖРО. У Європі, Північній Америці і Японії для змащування цих вузлів тертя широко застосовуються мастила так званого третього покоління, найбільш яскравими представниками якого є комплексні

літійові та полісечовинні.

Відчувається гостра потреба в приладових мастилах, які являють собою особливу групу мастил, що визначають не тільки науково-технічний рівень галузі, але й обороноздатність країни в цілому. На жаль, дефіцит сучасних вітчизняних мастил компенсується за рахунок імпорту (до 15 тис. т у рік).

У цілому, для виправлення ситуації і у РФ, і в Україні необхідно провести технічне переозброєння або реконструкцію багатьох підприємств галузі з метою відновлення основних фондів, організації виробництва більш ефективних сучасних мастил, а також підвищення гнучкості й універсальності технологічних ліній і процесів. Для розроблення нових перспективних мастил, організації їхнього промислового виробництва та науково-технічного супроводу при експлуатації заводом-виготовлявачем необхідно налагодити тісне співробітництво з науковими організаціями, що мають значний досвід у такого роду діяльності.

На жаль, науковий потенціал в галузі розроблення та фундаментальних досліджень мастильних матеріалів, накопичений за багато років, у значній мірі втрачений. Припинили своє існування багато наукових колективів і цілі школи. Цим багато в чому пояснюється зниження конкурентоспроможності вітчизняних мастильних матеріалів і збільшення рік від року обсягу їхнього імпорту.

На сьогоднішній день УкрНДІНП «МАСМА» залишається практично єдиним науковим підприємством галузі на пострадянському просторі, що зумів хоч з втратами, але вистояти після розвалу СРСР, і продовжує виконувати функції головної організації з розробки рецептур мастил загального призначення та процесів їхнього виробництва. За роки діяльності інституту його фахівцями розроблені наукові основи створення мастил на модифікованому силікагелі (аеросилі), органофільному бентоніті, високодисперсному та розширеному графіті, фторованій сажі, вуглеводневих мастил, мастил на літійовому милі, комплексних кальційових, літійових і алюмінієвих мастил тощо. Організовано безперервний процес виробництва мастил на простому й комплексному літійовому милах на ВАТ «АЗМОЛ» і «РИКОС» (Росія), відновлене виробництво мастил на Кусковському заводі консистентних мастил – філії ВАТ "РЖД" (Росія), а також налагоджене виробництво низки простих і комплексних мастил на Кубі та у В'єтнамі.

Однак, життя не стоїть на місці, і до 2000-х років багато науково-технічних розробок минулих років або вичерпали себе, або потребують істотного відновлення. У відповідь на запити споживачів машинобудівники створюють механізми, які змашуються одноразово винятково при виготовленні. Сьогодні потрібні мастила із тривалим ресурсом роботи і розширеним діапазоном умов застосування. Техніка нового покоління висуває завдання по збільшенню тривалості ефективного функціонування мастил у значно розширеному температурному інтервалі при зростанні у вузлах тертя навантажень та швидкостей. До мастил посилюються вимоги та все більшого значення набувають такі їхні властивості, як антиокиснювальна та механічна стабільності, колоїдна стійкість у часі, трибологічні характеристики. Сьогодні на провідні ролі і за обсягами виробництва, і за застосуванням виходять високотемпературні мастила з температурою крапання не нижче 230°C.

Виходячи з цього, в УкрНДІНП «МАСМА» розроблена технологія й

апаратурне оформлення виробництва:

- комплексних літійових мастил (процес виготовлення цього типу мастил значно прискорений за рахунок скорочення основних енерговитратних стадій технологічного процесу - зневоднювання суміші і термообробки, температура термообробки значно знижена, зменшений негативний вплив продуктів високотемпературних окиснювальних перетворень на властивості готового продукту);

- полісечовинних мастил (керуванням технологічними параметрами процесу, а саме, температурою, співвідношенням компонентів тощо, можливе одержання продуктів із заданими характеристиками - температурою крапання, механічною стабільністю та оптимальним показником ціна - якість);

- бентонітових мастил (за рахунок оптимізації типу гомогенізації та застосуванню ефективного загусника без диспергатора значно скорочений цикл виробництва і знижений клас його пожежонебезпеки).

За рахунок реалізації перерахованих вище технологічних прийомів за останні роки розширений асортимент вітчизняних мастил. Розроблено нові продукти, причому більшість розробок виконані на найвищому світовому рівні, про що свідчить зацікавленість у них відомих компаній із Франції, Росії, Південної Кореї, Білорусі, В'єтнаму, Індії та Ірану. Деякі мастила не мають аналогів у світі.

Нещодавно створене багатифункціональне авіаційне мастило Аеромас на синтетичних оливах, загущених комплексним літійовим милом. Мастило призначене для змащення підшипників, гвинтових сполучень тощо. Показники якості мастило Аеромас відповідають вимогам специфікації BMS 3-33 фірми «Boeing» (США).

В інституті створена низка сучасних високотемпературних кальційових мастил на комплексних надлужних загусниках. Багатоцільове комплексне кальційове надлужне сульфонатне мастило Суллена та алкілсаліцилатне мастило Алксана призначені для роботи у важконавантажених та високотемпературних вузлах тертя, що працюють в умовах підвищеної вологості або в агресивному середовищі, а також у вузлах тертя технологічного устаткування харчової промисловості.

Актуальне й важливе завдання загальнодержавного значення - організація виробництва в Україні екологобезпечних мастил на поновлюваній сировині. УкрНДІНП «МАСМА» може запропонувати рецептури, технологію та апаратурне оформлення виробництва біорозщеплюваних мастил для: харчової промисловості, деревооброблюваної та паперової промисловості, а також для сільського господарства.

В УкрНДІНП «МАСМА» вжиті заходи для поліпшення асортименту напіврідких редукторних мастил. В останні роки розроблені: мастило Редуктол М, що призначене для змащування високонавантажених редукторів промислового (у тому числі металургійного) устаткування, а також для зубчастого зчеплення тягових редукторів локомотивів і мотор – вагонного рухомого складу; водостійке мастило Траверсол, що призначене для змащування навантажених підшипників ковзання траверс - дробилок залізної руди; водостійке мастило Картерол ЕР ОО, що призначене для змащування зубчастих передач тягових редукторів з картерною системою змащування зануренням, що забезпечує їхню безперебійну роботу при

одноразовому заправленні на протязі року й виключає забруднення навколишнього середовища.

У цілому, інститут з успіхом поєднує фундаментальні і прикладні дослідження в галузі розроблення, хімотології, реології, техніки раціонального застосування мастил з їх впровадженням у виробництво, стандартизацією, сертифікацією, маркетингом, патентуванням, розробленням технологічних процесів і апаратурного оформлення виробництва. Сучасне лабораторне устаткування, стенди та інструментарій для визначення фізико-хімічних, реологічних та інших властивостей дозволяє досліджувати мастила практично за всіма існуючими світовими стандартами.

УДК 665.75/.753; 621.352.6

Подгурський Я. П., Любінін Й. А., Кочірко Б. Ф.
УкрДІНП "МАСМА", Україна

ДІОКСИМЕТАН ЯК ВИСОКООКТАНОВА ДОБАВКА ДО АВТОМОБІЛЬНИХ БЕНЗИНІВ

Важливим, з точки зору національних інтересів, є виробництво в Україні біологічних видів палив та добавок до бензинів на їх основі, що не вирішується вже протягом останніх 10 років. Крім того, у зв'язку з Законом про чисте повітря, у багатьох країнах Європи та США виникла необхідність виробництва та розподілу бензинів, що повністю згоряють за рахунок їх збагачення киснем, в найбільш забруднених мегаполісах. Ці рефільмульовані бензини користуються успіхом: відмічено зменшення шкідливих викидів в атмосферу на 28-30 %, викидів летких речовин – на 17 % та викидів, що містять азот, – приблизно на 2-3 %. Застосування оксигенатів сприяє зменшенню вмісту шкідливих забруднювачів у повітрі і, відповідно, зменшенню витрат пов'язаних з охороною здоров'я.

До основних оксигенатів відносять безпосередньо метанол, етанол (біоетанол), бутанол (біобутанол), метил-трет-бутиловий етер (МТБЕ), етил-трет-бутиловий етер (ЕТБЕ), метил-трет-аміловий етер (МТАЕ) та інші етери на основі метанолу та етанолу.

Найбільшого поширення в якості кисневмісної високооктанової добавки до бензину отримав МТБЕ. Використання у якості високооктанових добавок розпочалося на межі 80-х і 90-х років у США. Через деякий час було виявлено шкідливий вплив МТБЕ для людини та навколишнього середовища. Питна вода, яка містить дуже незначну кількість МТБЕ, має специфічний смак та запах. Організм людини відчуває МТБЕ у воді при концентраціях $4 \cdot 10^{-6}$ % мас. і менше. Це призвело до введення ГДК_{МТБЕ} у воді концентрацією $5 \cdot 10^{-7}$ % мас., його часткового обмеження при виробництві бензинів, а потім повній забороні. З 2003-го року у США розпочалася динамічна заборона використання МТБЕ в складі бензину, і перехід на виробництво та споживання екологічного ЕТБЕ.

Етери на основі етанолу є відмінними компонентами. У порівнянні з етанолом, вони мають більш низький тиск насичених парів за Рейдом, при їх застосуванні не виникає проблем, пов'язаних з обводненням у резервуарах та

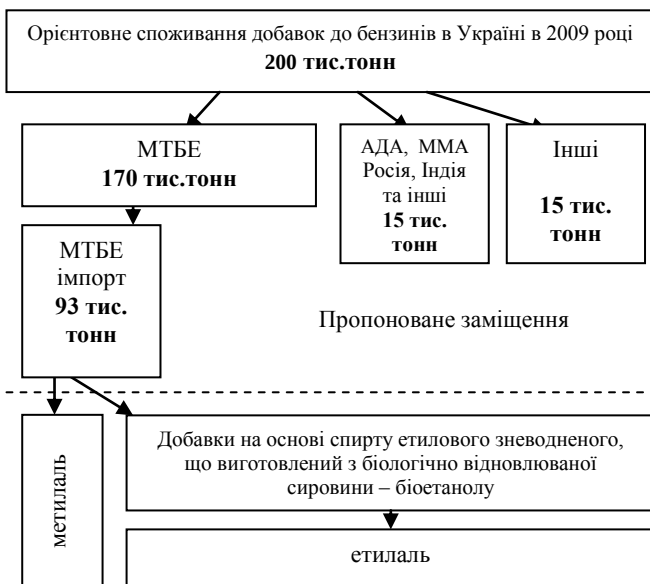
трубопроводах. На відміну від сумішей етанол-бензин, до палива, що містить біоетери, не має потреби додавати біокомпоненти (присадки). Застосування етерів, передусім МТБЕ, на сьогодні є умовою для отримання необхідної кількості якісних високооктанових бензинів вітчизняного виробництва. Об'єми виробництва МТБЕ (як і більш екологічного ЕТБЕ) в Україні обмежене дефіцитом необхідної сировини – бутан-бутиленової фракції (ББФ), яку одержують в процесах каталітичного крекінгу, коксування, піролізу. Це, в тому числі, є причиною того, що бензин марки А-98 у повному обсязі, та значна частина А-95 (загалом більше 25%) імпортується до України.

Отже, актуальний для вітчизняної нафтопереробної промисловості оксигенатний компонент автомобільних бензинів має відповідати ряду вимог. Компонент необхідно виробляти з біоетанолу. Україна здатна отримувати велику кількість дешевого паливного етанолу з біомаси – кукурудзи, відходів цукрової промисловості та інших енергетичних культур. Необхідно використовувати як сировину і альдегіди, зокрема формальдегід, у якості доступної заміни ББФ. Виробництво достатньої кількості високооктанових компонентів дозволить компаундуванням отримувати бензини підвищеної якості для внутрішнього ринку, знизити ціни на нафтопродукти, використовувати потужності НПЗ раціональніше, а також отримати реальні кошти на модернізацію та розвиток галузі.

Оксигенатом, що відповідає зазначеним вище вимогам, є діетоксіметан (етилаль). Виробництво метилалю, подібного етеру до етилалю, в промислових об'ємах вже розпочалося. Лабораторні дослідження підтверджують його антидетонаційні властивості. Наприклад, додавання 15 % метилаль-метанольної фракції до 70 % низькооктанового бензину з $ОЧ_{ММ} = 48,0$ дозволяє отримати бензин марки А-76. Однак, метанол, який є сировиною для зазначеного вище виробництва, отруйна і токсична речовина. За умови зміни метанолу на етанол, отриманий етер володітиме кращими антидетонаційними, екологічними та експлуатаційними властивостями.

Діетоксіметан (етилаль) – один із представників кращих існуючих засобів боротьби з забрудненням повітря та підвищенням детонаційної стійкості автомобільних бензинів. Його одержують на реакційно-ректифікаційній колоні з водного розчину формальдегіду (або інших альдегідів) та етанолу при каталізі з використанням кислотних каталізаторів (фосфорна, соляна кислоти, п-толуолсульфокислота, вольфраміві гетерополікислоти, іонообмінні смоли тощо). Технічну реалізацію цього процесу можна здійснити на діючих хімічних та нафтохімічних підприємствах України без суттєвих капіталовкладень.

В грошовому еквіваленті вітчизняний ринок добавок до бензинів становить більше 1 млрд.грн., з яких майже 65% – виробництва Росії. Орієнтовне внутрішнє споживання (див.схему) добавок до бензинів в Україні в 2009 році становило 200 тис.тонн.



УДК 665.765.038

**Юдіна В. В., Яворська З. С.,
Сафронов О. І., Ярмолук Б. М.**
УкрНДІ НП "МАСМА", Україна

ВПЛИВ БОРУ НА ФУНКЦІОНАЛЬНІ ВЛАСТИВОСТІ СУКЦИНІМІДНИХ ДОДАТКІВ

Розвиток різних областей техніки (авіаційної, автомобільної, суднобудування) забезпечується не лише вдосконаленням конструкцій двигунів але й якістю мастильних матеріалів. До сучасних мастильних матеріалів належать оливи з підвищеним терміном служби, що знижують зношування при терті та витрату пального, і не мають негативного впливу на навколишнє середовище.

В останні роки особлива увага надається застосуванню в мастильних матеріалах борованих додатків, які навіть за незначного вмісту бору значно покращують протизношувальні, антифрикційні та антиокислювальні властивості, чим продовжують термін експлуатації мастильного матеріалу та зменшують витрату пального у двигунах.

Бор у мастильні матеріали, як правило, вводять за рахунок борної кислоти (рис. 1), якою борують різні легувальні добавки. Найчастіше – це алкенілсукциніміди.

Борна кислота – безбарвна кристалічна речовина у вигляді пластинок має

шарувату триклинну ґратку в якій молекули H_3BO_3 з'єднані водневими зв'язками в плоскі шари. Шари поєднані між собою міжмолекулярними зв'язками. Оскільки шари розміщені на відносно великій відстані ($d = 0,318 \text{ нм}$) то зв'язуючі їх міжмолекулярні сили відносно малі. При дії зовнішнього навантаження шари легко зміщуються один відносно одного. А міжмолекулярні зв'язки всередині шару не допускають контакту поверхонь тертя. Таким чином зменшуючи зношування деталей (Рис. 1).

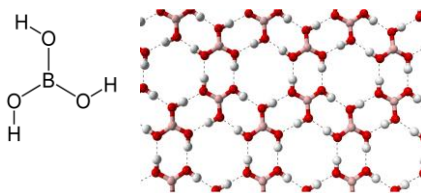
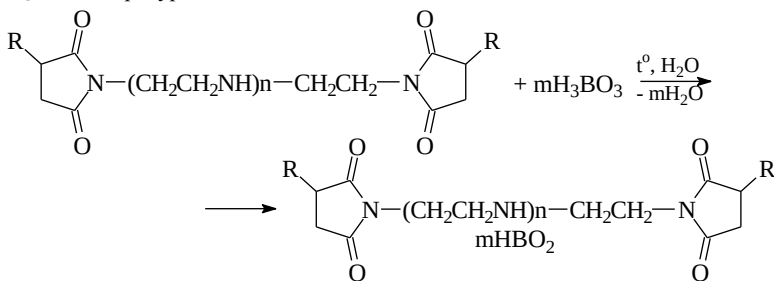


Рис. 1 – Будова борної кислоти.

Для дослідження впливу бору на функціональні властивості сукцинімідних додатків у цій роботі були використані поліізобутеніл-біс-сукцинімідні добавки одержані на основі поліізобутену молекулярної маси 1300 і тетраетилєнпентаміну, (з вмістом активного компоненту – 50 %).

Поліізобутеніл-біс-сукцинімідні добавки обробляли ортоборною кислотою H_3BO_3 за температури 180-200°C:



Залежно від кількості введенного бору утворюються добавки із різними структурами.

Методом потенціометричного титрування (ГОСТ 11362) було встановлено прямо пропорційну залежність між масовою часткою бору і кислотним числом борованих сукцинімідів (рис. 2), що свідчить про утворення солей.

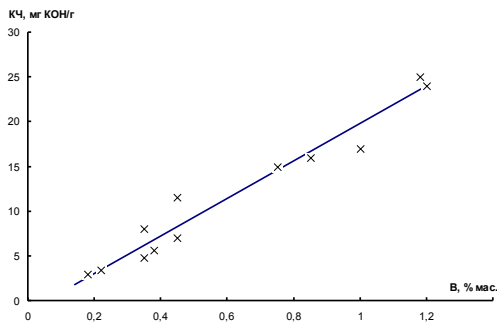


Рис. 2. Залежність між масовою часткою бору і кислотним числом борованих сукцинімідів.

На рис. 3 наведена залежність між кінематичною в'язкістю борованого сукциніміду, кількістю основних атомів азоту в молекулі та масовою часткою введеного бору.

При введенні борної кислоти до еквімолярної кількості відносно основних атомів азоту в молекулі біссукциніміду (у використаних зразках сукциніміду кількість основних атомів азоту в молекулі становила $\sim 4,5$) утворюється малов'язкий продукт, що являє собою амонійну сіль мета борної кислоти з невисоким вмістом бору (0,2–0,8 %) (Рис. 3, відрізок 1).

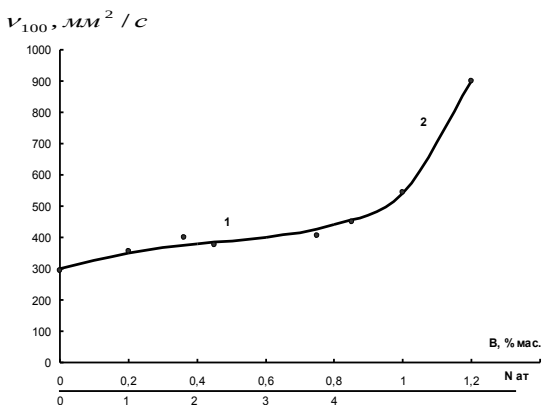


Рис. 3. Залежність між кількістю основних атомів азоту в молекулі сукциніміду та масовою часткою бору введеного до нього і кінематичною в'язкістю одержаного борованого сукциніміду:

- 1 – добавки зі структурою амонійної солі мета борної кислоти;
- 2 – добавки зі структурою полі боратів.

Кількість борної кислоти більша еквімолярної при боруванні призводить до утворення високов'язких поліборатних структур з високим вмістом бору (> 0.8 %)

(рис. 3, відрізок 2).

Точка перегину на кривій рис. 2, що відповідає вмісту бору ($\sim 0,8\%$), еквімолярній кількості основних атомів азоту в молекулі ($\sim 4,5$) відповідає проміжним структурам.

Одержані боровані сукцинимідні добавки досліджували на антикорозійні та протизношувальні властивості.

Антикорозійні властивості отриманих додатків оцінювали на пластинках із олива (свинцю) згідно з ГОСТ 20502 метод А, варіант 2 (Рис. 4).

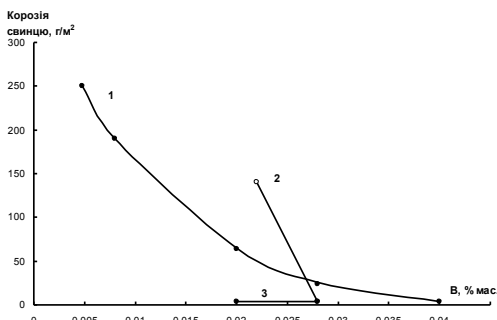


Рис. 4. Вплив концентрації бору в оливі М-11 за рахунок борованих сукцинимідних додатків на корозійність щодо пластинок із олива (Pb):
1 – структура амонійної солі метаборної кислоти; 2 – проміжна структура;
3 – поліборатна структура.

У випадку амонійної солі метаборної кислоти спостерігається поступове зниження корозійної активності додатку із ростом масової частки бору в оливі. Стосовно проміжної структури маємо різке зниження корозійної активності при незначному збільшенні концентрації бору. Щодо поліборатної структури спостерігається найнижча корозійна агресивність вже при мінімальній концентрації бору.

Протизношувальні властивості (діаметр сліду зношування) досліджували на чотирикульковій машині тертя за температури ($20 \pm 5^\circ\text{C}$) при навантаженні 196 Н та тривалості випробування 1 год згідно з ГОСТ 9490 (рис. 5).

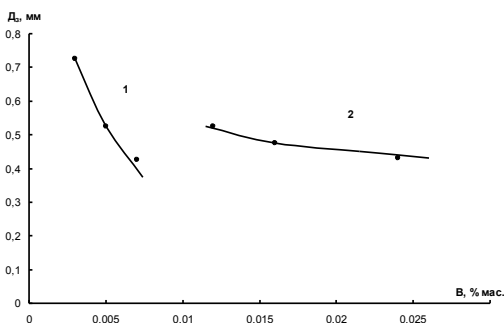


Рис. 5 Вплив концентрації бору за рахунок борованих сукцинімідів в оливі И-20А на процеси зношування на ЧКМ (1 % розчини в перерахунку на вміст активного компоненту додатка): 1 – амонійна сіль метаборної кислоти; 2 – поліборатна структура

Отримані результати свідчать, що у випадку амонійної солі метаборної кислоти характерне різке зменшення діаметру сліду зношування із ростом концентрації бору, тоді як поліборатні структури значно сповільнюють цей процес.

Отже, введення бору до складу сукцинімідних додатків впливає на в'язкісні, антикорозійні і протизношувальні властивості. Характер зміни властивостей залежить від співвідношення В:Н в молекулі сукцинімідного додатку, яке в свою чергу впливає на структуру утворених продуктів. Змінюючи це співвідношення, можна вибірково і керовано впливати на властивості синтезованих додатків і легованих ними мастильних олив.

УДК 66.093.48(43.2)

Жук А. П., Зубченко О. М., Павлюх Л. І.
Національний авіаційний університет, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗНЕВОДНЕННЯ РІДИНИ У СИЛЬНОМУ ЕЛЕКТРИЧНОМУ ПОЛІ

Проблема очищення нафтопродуктів на сьогоднішній день дуже актуальна, оскільки від потрібного класу чистоти нафтопродукту, особливо авіаційного гасу, залежить термін експлуатації транспортних засобів.

У гасі може бути присутня вода у двох станах: розчиненому і у вигляді емульсії. Вода як у розчиненому стані, так і у вигляді емульсії впливає на процес очищення гасу. Кількість води в гасі, в залежності від хімічного складу, температури навколишнього середовища, відносної вологості контактуючого з поверхнею рідини повітря, змінюється від 0,001 до 0,018% у вазі і більше. Присутні в гасі продукти електроіскрової обробки адсорбують з нього воду. Зневоднений гас відновлює концентрацію розчиненої води, поглинаючи її з оточуючого повітря. У результаті загальна концентрація води в забрудненому гасі стає ще більшою.

Існує декілька способів зневоднення органічних рідин: зневоднення за допомогою хімічних осушувачів, виморожування, центрифугування з вакуумуванням, центрифугування з випаровуванням, тонкошарове центригування, вакуумна осушка, осушка молекулярними ситами, коалесценція, обезводнення за допомогою дегідраторів, електрообезводнення. Але всі ці способи зневоднення неприйнятні для очищення гасу від продуктів електроіскрової обробки, так як установки, що реалізують ці способи складні та громісткі, видаляють тільки емульговану воду, швидко забувають частинками забруднень, повільно діють і вимагають введення хімічних речовин в рідину. Осушувач в установці для очищення гасу має бути малогабаритним, економічним та забезпечувати продуктивність не менше ніж 3–5 л/хв.

Виходячи з цього, представляє інтерес відокремлення частинок забруднення з

поток діелектричного середовища в неоднорідному електричному полі. Для експериментальної перевірки можливості знижувати концентрацію води в газі дією електричного поля був спроектований і виготовлений осушувач, що забезпечує 4 ступені сушки.

При проведенні експериментів газ насосом прокачувався через осушувач, на електроді якого подавалась напруга від високовольтного джерела постійного струму. Концентрація води в пробах газу, взятих із бака (до зневоднення) і після зневоднення, визначалась прибором для вимірювання концентрації розчиненої води.

Даний електроосушувач за один прохід знижує концентрацію води в газі у 3,5–5 раз. Такий електроосушувач може бути використаний в установках для очищення від продуктів електроіскрової обробки. При подальших дослідженнях процесу електрообезводнення органічних рідин планується розробити осушувач більшої продуктивності для зневоднення палив, гідросумішей і масел.

УДК 665.63 (043.2)

Козлова О. М., Довгінка У. С.
Національний авіаційний університет, Україна

АНАЛІЗ ПЕРСПЕКТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ВИДОБУТКУ НАФТОПРОДУКТІВ

Деякі з нових технологій видобутку нафтопродуктів насправді є зовсім не нові, а просто є новими областями застосування або покращеннями вже існуючої технології. У цій роботі дається огляд деяких найбільш значних технологій нафтовидобутку, таких як: горизонтальне буріння – буріння зі збільшеним відхиленням від осі свердловини; дослідження свердловин в процесі буріння; застосування гнучких колон; метод тривимірної сейсмічної розвідки і встановлення межі родовища, управління та моніторинг.

Завдяки більш ефективному поверненню капіталовкладень, що може бути досягнуте у разі горизонтальних свердловин і свердловин з відхиленням від вертикальної осі в порівнянні з вертикальними свердловинами, не слід сумніватися, що у цієї технології є хороші перспективи.

При дослідженні свердловин в процесі буріння використовуються спеціально розроблені електронні прилади, що передають відомості про стан свердловини в даний момент часу з забійної зони на поверхню. Сенс полягає в максимальному підвищенні точності і ефективності буріння і скороченні кількості простоїв і дорогих робіт з обслуговування.

До достоїнств гнучких труб відносяться підвищена ефективність, тому що свердловину не доводиться заглушати для проведення поточного ремонту; значне скорочення часу монтажних робіт і спуско-підйомних операцій; зменшення ризику пошкодження пласта, так як ні в яких операціях не використовуються рідини для глушіння свердловин.

Метод сейсмічної розвідки у першу чергу є інструментом пошуку нафти і газу. Його роль полягала у зменшенні ризику при знаходженні нових родовищ.

На сьогодні найбільші витрати найчастіше потрібні тоді, коли перша свердловина на родовищі вже пробурена. Маючи в своєму розпорядженні можливість створювати більш докладні зображення підземних структур з підвищеною точністю, тривимірну сейсмічну розвідку тепер розглядають як ключовий інструмент для встановлення межі родовища та аналізу його неоднорідності.

У цій роботі ми розглянули перспективні технології видобутку нафтопродуктів, що передбачають: стрімке підвищення точності і ефективності буріння; скороченні кількості простоїв і дорогих робіт з обслуговування; зменшення ризику пошкодження пласта; зниження рівня шуму; менші видимі габарити в зв'язку з відсутністю вишки; зменшення пошкодження дорожнього покриття і максимальне і швидке повернення капіталовкладень.

УДК 665.63 (043.2)

Комкова Л. С.

Національний авіаційний університет, Україна

СВІТОВА ТЕНДЕНЦІЯ ПІДВИЩЕННЯ ВИМОГ ДО ЕКОЛОГІЧНОСТІ АВТОМОБІЛЬНИХ БЕНЗИНІВ

Автомобільний транспорт відіграє значну роль в економіці України та в житті громадян. Разом з тим він є найбільшим споживачем моторних палив нафтового походження, штучним джерелом забруднення атмосферного повітря приблизно такої ж потужності, як енергетична галузь або сумарно всі інші галузі господарства, та одним з основних джерел викидів „парникових газів”.

Негативний екологічний вплив цієї галузі, що має багатоплановий характер, виявляється, насамперед, в тому, що під час руху автомобілів до атмосферного повітря викидаються шкідливі речовини з відпрацьованими й картерними газами двигунів, продукти зношування шин, гальмівних колодок та інших деталей. Колісні транспортні засоби (КТЗ) є основними джерелами шуму, вібрації та електромагнітного випромінювання в населених пунктах.

Згідно із Законом України „Про деякі питання ввезення на митну територію України транспортних засобів” (у редакції Закону України від 30.11.2005 №3151-IV) з 2006 введено екологічні норми „Євро-2” для всіх імпортованих та нових вітчизняних легкових автомобілів, автобусів і сідельних тягачів. Дотримання жорстких екологічних вимог до КТЗ та їх двигунів, що запроваджено в Україні і в інших країнах-учасниках Женевської Угоди 1958 року, потребує використання моторних палив відповідної якості, без чого реалізація високих екологічних показників сучасних КТЗ неможлива.

Вимоги до моторних палив стають дедалі жорсткішими. Прикладом цього є Директива 2003/17/ЄС, якою доповнено Директиву 98/70/ЄС. За цією Директивою та європейськими стандартами EN 228-2004 на бензини в країнах-членах ЄС з 1 січня 2005 допускають виробництво лише малосірчаних бензинів, а з 2009 року – лише безсірчаних палив з вмістом сірки до 10 мг/кг. Бензини з 2005 року повинні містити не більше 35% за об'ємом ароматичних вуглеводнів, 1% об. бензолу, 18% об. олефінів.

Вимоги національного стандарту ДСТУ 4063-2001 на бензини недостатньо гармонізований з EN 228. Обмеження в бензинах вмісту сірки, ароматичних вуглеводнів і бензолу становить, відповідно: 500 мг/кг; 50% об. (58% мас.); 4,2% об. (5,0% мас.), вміст олефінів взагалі не обмежено.

З 1 січня 2008 в Україні набув чинності новий національний стандарт ДСТУ 4839-2007 на автомобільні бензини підвищеної якості, який відповідає нормам до палив „Євро-3” – „Євро-4”, і призначені для двигунів надсучасних КТЗ.

За інформацією Мінпаливенерго України на сьогодні вже два підприємства – ЗАТ „ЛІНІК” і «Лукойл-Одеський НПЗ» після проведеної реконструкції спроможні виробляти моторні палива, що відповідають вимогам ДСТУ 4839 та ДСТУ 4840. Іншим нафтопереробним заводам потрібна серйозна модернізація й реконструкція.

Для отримання високооктанових бензинів використовують складний комплекс технологічних процесів первинної і вторинної переробки нафти, а також різні присадки і добавки, що забезпечують відповідність сучасним вимогам до складу і якості цього виду моторного палива.

Основою для виробництва бензинів є реформат. Як компонент сучасних автомобільних бензинів, він має ряд недоліків, серед яких необхідно підкреслити низький вміст легких фракцій – до 70 і до 100°C, низьку детонаційну стійкість фракції до 100°C, високий вміст ароматичних вуглеводнів, в тому числі бензолу. У рамках проекту ізомеризації можна залучити технології покращення якості риформату – вилученням бензолу. Щодо каталітичного риформінгу, то він забезпечує високий (50%) вихід бензину. Для удосконалення технології збільшують глибину конверсії, зменшують час контактування сировини з каталізатором, що сприяє гальмуванню вторинних процесів, пов'язаних з переносом водню, що призводить до зниження вмісту ароматичних вуглеводнів з 40 до 25 %, відбувається значне збільшення вмісту олефінових вуглеводнів – з 13 до 25–28 % і сполук сірки – з 0,06–0,08 до 0,12–0,15 %.

Аналіз вузьких фракцій бензинів каталітичного крекінгу показав, що у фракціях вище 130°C міститься всіх сполук сірки. При гідроочищенні, вміст сірки можна зменшити з максимальною детонаційною стійкістю лише при використанні оригінального каталізатору.

Використання технології розділення бензинів каталітичного крекінгу із залученням вже існуючих ректифікаційних і гідрогенізаційних потужностей включає: розділення бензинів каталітичного крекінгу на блоці вторинної перегонки бензину і гідроочищенні фракції 130°C–к.к. на $\text{Co-Mo/Al}_2\text{O}_3$ – каталізаторі на хімічному заводі; віддувку нестабільного гідрогенізату від сірководню, його облучення і водну відмивку на об'єктах хімічного заводу з наступною відкачкою стабільного гідрогенізату в резервуари товарно-сировинного виробництва для приготування товарних автомобільних бензинів.

При компаундуванні легкої фракції з гідрогенізатом важкої фракції, отриманим при різних умовах гідроочищенні октанове число майже не змінюється і забезпечує зниження вмісту сірки з 0,22–0,23 до 0,02–0,03 % і втраті детонаційної стійкості до 0,5 при м'якому режимі, тобто температура процесу досягає 240°C.

Аналіз виділених із бензинів каталітичного крекінгу вузьких фракцій показав,

що у фракціях до 80°C концентрація олефінових вуглеводнів, в основному C₅–C₆, складає більше 40 %. Залучення власних розробок забезпечить у найближчому майбутньому випуск автомобільних бензинів високого екологічного класу.

Бурхливе зростання автомобільного транспорту в розвинутих країнах з великою кількістю автомобілів призвело до сильного забруднення навколишнього середовища і в першу чергу повітряного басейну, шкідливими викидами відпрацьованих газів. Величезна кількість забруднених речовин, які утворюються при згоранні автомобільних бензинів, зумовлює той факт, що серед всіх вимог, які пред'являються до бензинів, на перше місце висуваються екологічні.

Забруднення навколишнього середовища може проходити на всіх етапах транспортування, приймання, збереження та відпуску автомобільних бензинів на нафтобазах (природні втрати), а також при заправці автомобілів (випарування, промивання та ін.). Однак основним джерелом забруднення є відпрацьовані гази. В їх складі нараховується близько 300 сполук, що наносять великої шкоди навколишньому середовищу і здоров'ю людям.

Серед екологічних показників бензинів найважливішими є вміст в них сполук свинцю. У США і в ряді європейських країн використання етилованих бензинів заборонено законом. Перехід на виробництво і застосування неетилованих бензинів дає змогу не тільки знизити викиди шкідливих речовин в атмосферу високотоксичними сполуками свинцю, а й обладнати автомобілі каталітичними системами нейтралізації відпрацьованих газів і до мінімуму скоротити токсичність останніх.

Токсичність неетилованих бензинів і продуктів їх згорання в основному визначається вмістом у них ароматичних вуглеводнів, особливо бензолу, олефінових вуглеводнів та сірки.

Вміст сірки в бензинах відноситься до показників, що безпосередньо пов'язані з викидом токсичних речовин в атмосферу. В ДСТУ 4063-2001 показник масової долі сірки значно жорсткіший порівняно з ГОСТ 2084-77 і складає 0, 05%.

Чим вищий вміст ароматичних вуглеводнів в бензині, тим вища його температура згорання і вміст оксидів азоту в відпрацьованих газах. Одним з найбільш токсичних сполук є бензол. Відмічено лінійну залежність між його концентраціями в бензині і викидами всіх видів. У зв'язку з цим ДСТУ 4063-2001 в відповідності з європейськими вимогами нормує масову долю бензолу в бензині – не більше 5,0%. В ДСТУ 4063-2001 передбачено нормування сумарного вмісту ароматичних вуглеводнів не більше 42% для бензинів марок А-76, А-80, не більше 45% для А-92 і А-95 і не більше 48% для А-98.

ДСТУ 4063-2001 встановлює масову долю кисню – не більше 2,7%, а також кисневмісних сполук: метанолу – не більше 3%; етанолу – не більше 5%; ізопропілового спирту – не більше 10%; третбутилового спирту – не більше 7%; простих ефірів – не більше 15%. В ДСТУ 4063-2001 поряд з вітчизняними методами випробувань введено міжнародні методи випробування (180, EM, A8TM).

Бензини виробляються за європейським стандартом EN 228:2004. Стандарти розроблялися та підтримуються Технічним комітетом Європейською Радою з стандартизації (CEN/TC19) за участю національних органів з стандартизації і сертифікації країн ЄС.

У відповідності до вимог стандарту EN 228:2004 у всіх країнах ЄС, а також і

багатьох інших країнах, прийняті відповідні національні стандарти на неетильовані бензини. В національних стандартах поряд з обов'язковими вимогами також регламентуються: кількість марок бензину, порядок відбору проб, маркування автоцистерн, допустима кількість кисневмісних сполук, вимоги до детонаційної стійкості та сезонні умови застосування бензинів певного класу випаровування.

Стандарт поширюється на неетильовані бензини марок *REGULAR* та *SUPER*, які використовуються у двигунах внутрішнього згорання із примусовим запалюванням, у т.ч. з обладнанням, яке знижує токсичність викидів.

Стандарт допускає використання барвників й маркувальних речовин, додатків, які покращують якість бензинів, однак для захисту каталітичних систем нейтралізації відпрацьованих газів заборонено застосування фосфоровмісних сполук. Стандарт регламентує мінімальні вимоги до бензинів та методів їх випробування, що є обов'язковими для всіх країн і встановлює 6 класів випаровування.

УДК 665.63

Кравець К. О., Кичко Ю. О., Турчак В. М.
Національний авіаційний університет, Україна

ВПЛИВ УМОВ ЗБЕРІГАННЯ ПАЛИВА ДЛЯ АВТОМОБІЛЬНИХ ДВИГУНІВ НА ЇХ ФІЗИЧНУ СТАБІЛЬНІСТЬ

В умовах обмеженої забезпеченості України первинними та вторинними енергоносіями пріоритетною постає проблема раціонального використання паливно-енергетичних ресурсів. Підвищення ефективності використання моторних палив натеper – це один із найреальніших напрямів вирішення енергетичних і екологічних проблем водночас.

Сьогодні 40 % нафти виливається у море під час аварій танкерів, 27 % під час перекачки по нафтопродуктопроводах, 16 % – під час зберігання. Значна частина цих втрат – це втрати від випаровування під час виконання різних технологічних операцій, зокрема, зберігання і транспортування. Світові статистичні дані свідчать про те, що загальні втрати нафти та нафтопродуктів від випаровування коливаються у межах 0,5–1,7 % від загального об'єму переробленої сировини, тоді як в Україні вони суттєво більші й становлять 3–7 %. Якщо прийняти величину втрат за 5 %, то при переробці 19,4 млн т нафти за рік (дані 2002 р.) збиток становитиме 970 тис. т. Отже, під час зберігання, транспортування та розподілу щорічно втрачається частина видобутої власної нафти. Пояснюється це кризою теорії та методів енергоощадності. Нагальною потребою сьогодні є комплексне впровадження у практику нових методів економії моторних палив та нового енергоощадного обладнання, ґрунтованого на запобіганні втратам від випаровування під час зберігання і транспортування. Це потребує розробки та вдосконалення технологічних основ, принципів, моделей і концепцій енергоощадності, оскільки існуючі розробки не мають загального теоретичного підґрунтя.

Одним із важливих показників бензинів є його випаровуваність, що оцінюється за фракційним складом, що є умовним показником, тобто характеризується википанням різних фракцій за різних температур 10; 50; 90% бензину і закінчення википання бензину. Від фракційного складу залежить пуск двигуна, час його прогрівання, спрацювання двигуна, витрата палива, токсичність спрацьованих газів тощо. Між температурою википання 10% бензину і температурою повітря існує пряма залежність. Знаючи температуру википання 10% бензину, можна визначити температуру, за якої уможливлений пуск двигуна, за формулою:

$$t^{\circ} \text{ повітря} = 0,5t_{10\%} - 50,5.$$

Пускові властивості дизпалива характеризуються температурою википання 50%. Що нижча ця температура, то легше запустити двигун, особливо за низьких температур повітря. І навпаки, паливо важкого фракційного складу з високою температурою википання 90% і кінця википання не встигають повністю випаровуватись, а потім і згорати. Неповнота згорання призводить до перевитрат палива, збільшення кількості диму в спрацьованих газах, зниження потужності, підвищення створювання нагарів і лаків.

При зберіганні відбувається окиснення вуглеводнів палива киснем повітря. При цьому утворюються смоли, органічні кислоти і інші шкідливі речовини. Швидкість окиснення різко збільшується при підвищенні температури і при дії сонячної радіації. Якщо зберігати бензин із змістом смол 4 мг/100 мл (норма – не вище за 10 мг/100 мл) при температурі 10–20°C (то через місяць їх кількість збільшиться до 6 мг/100 мл, а при температурі 40–45°C – досягає декількох сотень міліграм, тобто бензин стане непридатним для використання).

Чим вищий індукційний період, тим краща стабільність бензинів і тим довше вони можуть зберігатися без помітного окиснення. Бензин з індукційним періодом 900 хв можна зберігати до 1,5 років в північній і середній кліматичних зонах і близько 0,5 року – в південній. Але це справедливо при дотриманні всіх правил зберігання. Якщо ж в ємкостях є вода, іржа, бруд, продукти окиснення, що скупчилися раніше, то осмолення відбувається значно швидше. При втраті легких фракцій знижується і октанове число, оскільки саме вони володіють найбільш високою детонаційною стійкістю.

Дизельне паливо теж, як і бензин, змінює свої властивості при зберіганні. Але воно значно стабільніше, і хоча також випаровується, але швидкість випаровування в 10 разів менша, ніж бензинів. До того ж випар легких фракцій викликає тільки невеликі кількісні втрати і практично не позначається на зниженні якості. При цьому декілька обважнює фракційний склад, підвищується в'язкість і температура спалаху. Але ці зміни не позначаються на роботі двигуна.

При тривалому зберіганні, особливо при підвищеній температурі, можуть відбуватися реакції окиснення, оскільки паливо містить до 20 % нестійких продуктів термічної переробки нафти. Наприклад, при температурі 20–25°C швидкість окиснення збільшується у вісім разів в порівнянні із зберіганням при 0°C. При цьому утворюються органічні кислоти і нейтральні смолисто-асфальтенові речовини. Паливо постійно набуває все більш жовтого забарвлення, а при великому осмоленні навіть світло-коричневого. Використовувати таке паливо не можна із-за збільшення корозійності і схильності до нагароутворення.

При транспортуванні, зберіганні, заправці автомобілів необхідно дотримуватись певних умов, щоб виключити зайві втрати палив і масел. При випаровуванні в основному втрачається найбільш цінна частка нафтопродуктів і тому разом з кількісними втратами відбувається погіршення їх якості. Крім того, підвищується пожежна небезпека.

Автомобільне паливо і особливо бензини легко випаровуються і володіють великою текучістю. У літній час, наприклад, через відкриту пробку бочки протягом години може випаруватися до 1 кг бензину, а через відкриту горловину резервуару за добу може бути втрачено понад 100 кг бензину.

За статистичними даними іноземних компаній, втрати нафти і нафтопродуктів від випаровування при зберіганні і транспортуванні досягають 3 % загального об'єму видобутку.

Бензин може проникати через саму незначну нещільність швів резервуарів, через які вода і гас не проходять, утворюючи так зване «потіння» швів. Бензин при цьому тут же випаровується, проте втрати крізь 1 м «потіючого» зварного шва складають до 2 л в добу.

При нещільності в місцях з'єднань приладів живлення і змащування автомобіля, в резервуарах і їх арматурі, а також в заправному інвентарі з'являються підтікання у вигляді крапель. Втрати бензину в цьому випадку за годину складуть майже стакан. Якщо таких місць підтікання декілька, втрати зростає ще більше.

Зберігають автомобільне паливо і мастила в складах, до яких ставляться наступні вимоги:

- повне кількісне і якісне збереження нафтопродуктів, що зберігаються на складі;
- зручність і швидкість процесів прийому і видачі палива і масел;
- безпека в пожежному відношенні нафтопродуктів, самого складу і розташованих поблизу споруд.

Залежно від розташування резервуарів склади можуть бути надземні, напівпідземні і підземні.

При підземному зберіганні зменшується пожежна небезпека для нафтопродуктів і зменшуються їх втрати від випаровування внаслідок так званого «малого дихання».

«Мале дихання» відбувається в результаті зміни температури повітря в резервуарі протягом доби. Вдень температура підвищується і для підтримки атмосферного тиску частка повітря, а з ним і пари палива виходить з резервуару. Вночі температура знижується, і резервуар наповнюється свіжим повітрям.

Для зменшення втрат внаслідок «малого дихання» необхідно, щоб об'єм газового простору в резервуарі був мінімальним, тобто щоб в нім постійно знаходилася по можливості більша кількість палива, оскільки за одне «дихання» з кожного кубометра об'єму газового простору втрачається приблизно 50 г бензину. Зменшення об'єму газового простору доцільне також для зниження смолоутворення. Надлишковий тиск в резервуарі ($0,5 \text{ кг/см}^2$) також скорочує втрати внаслідок «малого дихання».

Підземне розташування резервуарів виключає повністю ці втрати, оскільки на глибині 3 м температура ґрунту змінюється трохи.

При зливі і наливі палива в резервуар відбувається так зване «велике дихання» внаслідок зміни об'єму, займаного паливом і повітрям. Через це при заливці, наприклад, кожних 10 т бензину втрачається 5–7 кг.

Випаровування нафтопродуктів небажаний ще і тому, що підвищується небезпека пожежі і вибуху. Бензо-повітряна суміш запалала при вмісті в ній від 1,1 до 5,4 % (за об'ємом) пари бензину. Для утворення вибухонебезпечної суміші вистачає, щоб в 1 м³ повітря містилося 50 г бензину.

Отже, розробка наукових основ раціонального та економного використання моторних палив у процесах транспортування та зберігання є актуальною науково-прикладною проблемою. Розв'язання цієї проблеми сприятиме створенню необхідних і достатніх умов для підвищення ефективності використання моторних палив, функціонування транспорту, підприємств нафтопродуктозабезпечення та енергетичної галузі в цілому, а також зниження техногенного впливу на довкілля.

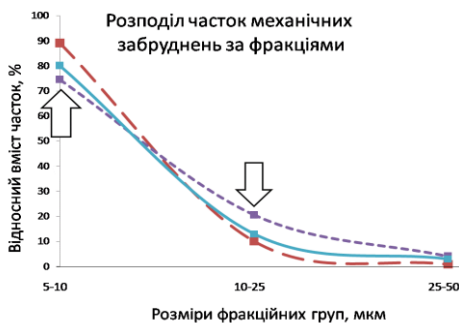
УДК 665.63

Мислива О. В., Нікітін А. Г.

Національний авіаційний університет, Україна

ДИНАМІКА ЗМІНИ ГРАНУЛОМЕТРИЧНОГО СКЛАДУ МЕХАНІЧНИХ ЗАБРУДНЕНЬ ТУРБІННИХ МАСЕЛ

Динаміка зміни гранулометричного складу механічних забруднень робочих рідин є важливою характеристикою при обґрунтуванні вимог до фільтрів та розташуванні їх у системі.



Проведені нами з цією метою дослідження показали, що протягом терміну експлуатації гідросистем, як правило, спостерігається збільшення вмісту частинок фракції 5–10 мкм на $15 \pm 2\%$. Для частинок розміром 10–25 мкм навпаки спостерігається зменшення вмісту фракції на $10 \pm 2\%$. Для частинок же розміром 25–50 мкм простежується незначне зменшення їх вмісту на 3%.

Зокрема було звернено увагу на збільшення відносного вмісту забруднень розміром 5–10 мкм, адже ці частинки небезпечні тим, що являються поверхнею для перебігу небажаних гетерогенних хімічних реакцій у об'ємі робочої рідини.

Очевидно таке явище пояснюється тим, що наявні системи очищення погано справляються з видаленням часток дрібних фракцій. Тобто штатні системи фільтрації недостатні для видалення саме цих фракційних груп забруднень. Адже вони розраховані на затримання фракції розміром 10–25 мкм і вище, а більш дрібні частинки тільки частково затримуються у порах фільтрів. Внаслідок цього, а також внаслідок надходження в систему часток малих розмірів, зумовленого «малими» диханнями масляних баків, та генерації мікрочастинок механічних домішок у системі, внаслідок процесів зносу пар тертя та певних видів корозії, йде безперервне збільшення відсоткового вмісту саме цих фракцій.

Підсумовуючи слід зробити такі висновки щодо стану забрудненості у гідравлічних системах протягом терміну експлуатації:

Динаміка зміни гранулометричного складу механічних забруднень турбінних масел має неоднорідний характер.

Спостерігається постійне зростання відносної кількості часток забруднень фракції розміром 5–10 мкм.

Простежуються зменшення вмісту механічних домішок фракції розміром 10–25 мкм.

Для збільшення ефективності очищення необхідно застосувати заходи зі встановлення фільтрів більш тонкої фільтрації і видалення фракції 5–10 мкм.

Навпаки для крупних фракцій цілком достатнім є наявність фільтрів з тонкістю фільтрації 10–25 мкм.

УДК 665.63 (043.2)

Сліпченко К. М., Довгінка У. С.
Національний авіаційний університет, Україна

МЕМБРАННЕ ОЧИЩЕННЯ СТІТЧНИХ ВОД ВІД НАФТОПРОДУКТІВ

Найбільше широко розповсюдженими забруднювачами стічних вод є нафтопродукти – неідентифікована група вуглеводнів нафти, мазуту, гасу, масел і їх домішок, що внаслідок їхньої високої токсичності, належать, по даним ЮНЕСКО, до числа десяти найнебезпечніших забруднювачів навколишнього середовища. Нафтопродукти можуть перебувати в розчинах в емульгованому, розчиненому виді й утворювати на поверхні плаваючий шар.

На сьогоднішній день найсучасніші очисні спорудження будуються на мембранному способі очищення води. Мембранне очищення води засноване на використанні в очисній установці фільтруючого елемента мембран.

Мембранні установки найбільш ефективні на об'єктах, забруднених більшою кількістю нафтопродуктами (нафтобази, АЗС, мийки вантажних автомобілів і мийки транспорту взагалі), тому що мембранні установки повністю відокремлюють воду від нафтопродуктів на молекулярному рівні (як і від інших забруднюючих речовин). У процесі зворотного осмосу вода й розчинені в ній речовини розділяються на молекулярному рівні, при цьому з однієї сторони мембрани накопичується ідеально чиста вода, а всі забруднення залишаються по іншу її сторону. Таким чином, зворотний осмос забезпечує набагато більш

високий ступінь очищення (рис. 1).

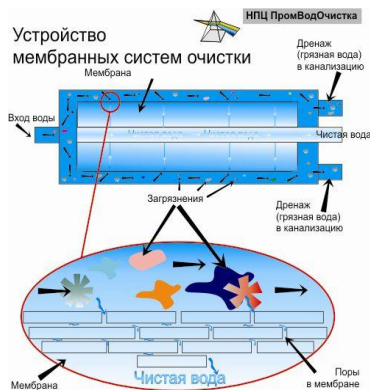


Рис. 1.

Мембранні установки коштують дорожче безнапірних фільтрів з торф'яний або іншим завантаженням і це природно. Але, вони на сьогоднішній день є одним з деяких типів очисного встаткування, що дозволяє гарантовано очищати стоки до заданих норм ПДК.

Витрати незначні в мембранних очисних споруджень у порівнянні з очисними спорудженнями інших типів.

Захист водних ресурсів від виснаження й забруднення і їх раціонального використання для потреб народного господарства – одна з найбільш важливих проблем, що вимагають невідкладного вирішення. У багатьох країнах широко здійснюються заходи щодо охорони навколишнього середовища, зокрема по очищенню виробничих стічних вод.

УДК 665.63 (043.2)

Хаматова Ю. А., Бойченко С. В.
Національний авіаційний університет, Україна

ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ ПАЛИВ, ЩО ВИЗНАЧАЮТЬ ЇХ ЕКОЛОГІЧНУ БЕЗПЕКУ

Нафта і нафтопродукти – найбільш розповсюджені забруднювачі навколишнього середовища.

Нафтові палива в тій чи іншій степені є токсичними, тому їх виробництво, збереження, транспортування і використання в техніці повинно бути організовано таким чином, щоб виключити шкідливу дію на людину і навколишнє середовище.

Нафтопродукти можуть легко проникати в організм і через непошкоджену шкіру. Вуглеводні розчиняються в жирах та жироподібних речовинах, що викривають шкіру. Особливо легко проникають через шкіру палива і масла під

тиском за підвищених температур. На слизові оболонки і на очі нафтопродукти здійснюють подразнюючу дію як в рідкому так і в газоподібному стані.

Токсичність нафтопродуктів обумовлюється їх хімічним і фракційним складом. Алкани діють на нервову систему як наркотики, токсичність ізоалканів нижча ніж вуглеводнів нормальної будови. Циклани більш токсичні, ніж аліфатичні вуглеводні. Наявність подвійних зв'язків збільшує токсичність вуглеводнів. Токсичність суміші вуглеводнів вище токсичності окремих її компонентів. Присутність сіркоорганічних і кисневмісних з'єднань підсилює токсичність нафтопродуктів.

Пари гасу і дизельного палива сильніше дратують слизові оболонки і очі та більш отруйні, ніж пари бензину.

Для попередження забруднення навколишнього середовища і для безпеки людини встановлені єдині гранично допустимі концентрації (ГДК) шкідливих речовин.

Допустимою вважається така концентрація тієї чи іншої речовини, яка не робить на людину прямої або непрямої шкідливої і неприємної дії, не знижує його працездатності, не позначається на самопочутті і настрою, а також не впливає на рослинність, клімат місцевості, прозорість атмосфери і побутові умови населення.

Попадання нафтопродуктів у водне середовище супроводжується утворенням дуже тонких (товщиною від мікронів до доль мікронів) плівок, які тривалий час тримаються на поверхні води, негативно впливаючи на кисневий режим водоймища. Нафтова плівка під впливом вітрів прибивається до берегів, забруднюючи прибережну рослинність. Допустимою концентрацією нафтопродуктів у воді визначають за органолептичними показниками шкідливості. Так, бензин і гас не впливають на запах води при утриманні до 0,1 мг/л, а мазути і масла – до 0,3 мг/л. У воді водойм рибогосподарського значення нафтопродукти можуть бути присутні в розчиненому і емульгованих станах в кількостях, що не перевищують 0,05 мг/л; при більшому вмісті риба набуває запах нафтопродуктів.

Відпрацьовані гази (ВГ) містять також токсичні речовини. Склад відпрацьованих газів залежить від виду застосованих палив, режиму роботи двигуна і його технічного стану.

Вуглеводні, особливо ненасиченого ряду і кисневмісні, беруть участь в утворенні смогів, які викликають подразнення очей, горла і носа.

Небезпеку для організму людини представляють частки токсичних викидів аерозолів з розміром менше 20 мкм, які затримуються в атмосфері на тривалий термін і потрапляють разом з повітрям в дихальні шляхи. Аерозольні частинки сорбують на своїй поверхні канцерогенні речовини і, контактуючи з живими тканинами, стимулюють утворення злоякісних пухлин.

Серед екологічних показників бензинів важливим є вміст в них сполук свинцю. Це пов'язано не тільки з високою токсичністю етильованих бензинів і продуктів їх горіння, але і можливістю застосування каталітичних систем нейтралізації відпрацьованих газів, тому що продукти згорання свинцю отруюють каталізатор.

Автомобільні палива являються речовинами підвищеної пожежо- і вибухонебезпечності.

Пожежо-і вибухонебезпечність палив можна розглядати як фізико-хімічні властивості, що характеризують особливості і результат процесів займання і розповсюдження полум'я.

Вибухонебезпечними речовинами вважають ті, які здатні до вибухового перетворення під дією потужного ініціювання.

Температура спалаху дозволяє судити про температурні умови, при яких речовина стає вогнебезпечною. Вона має принципове значення для класифікації горючих речовин з пожежної небезпеки.

Зниженню токсичних викидів автотранспорту сприяє введення в бензин миючих присадок, які за рахунок підтримки чистоти паливної системи сприяють зниження вмісту оксидів вуглецю та незгорілих вуглеводнів у відпрацьованих газах.

Щоб виключити або в значній мірі знизити прояв шкідливих і небезпечних властивостей нафтопродуктів, важливо знати особливості їх застосування та необхідних заходів безпеки. Дотримання заходів обережності під час роботи з нафтопродуктами дозволяє забезпечити повну безпеку обслуговуючого персоналу та уникнути їх шкідливого впливу на навколишнє середовище.

УДК 665

Бойчук В. В.,
ООО «АЛТ Україна Лтд», Україна

ПРИМЕНЕНИЕ ИМПУЛЬСНЫХ ЯМР АНАЛИЗАТОРОВ ДЛЯ АНАЛИЗА НЕФТЕПРОДУКТОВ

Содержания водорода в авиационных топливах является важным параметром поскольку он определяет горючие свойства топлив. Традиционные методы такие как определение точки дымообразования, индекс летучести дыма и люминометрическое число являются долгими и утомительными и обычно требуют опытного химика-аналитика для проведения анализа. Ядерный Магнитный Резонанс (ЯМР) предлагает возможность определять содержание водорода в топливах быстро, без разрушения и с минимальной пробоподготовкой.

С тех пор как 20 лет тому назад появились первые настольные ЯМР анализаторы Американское Общество Испытаний и Материаловедения (ASTM) применил метод ЯМР для быстрого определения содержания водорода в топливах. После того, как приборная база претерпела изменения и вместо ЯМР анализаторов с постоянной волной началось производство импульсных ЯМР анализаторов предыдущий ASTM метод был заменен новым – ASTM D7171-05 «Стандартный метод определения содержания водорода в нефтепродуктах средней дистилляции методом импульсного ЯМР низкого разрешения».

Согласно этому методу, образец бережно переносится в стеклянную пробирку с помощью пипетки, взвешивается и термостатируется при 35 или 40° С на протяжении 30 минут перед проведением ЯМР анализа.

Прибор может быть прокалиброван с использованием реальных образцов с известным содержанием водорода (например n-додекан, n-гексадекан,

циклогексан и изооктан) или с использованием штучных стандартов используя различные навески чистого п-додекан в пробирках для ЯМР.

На рисунке 1 приведен пример калибровочной прямой для измерения содержания водорода в топливах построенной с использованием разных навесок п-додекана термостатированных при 40° С.

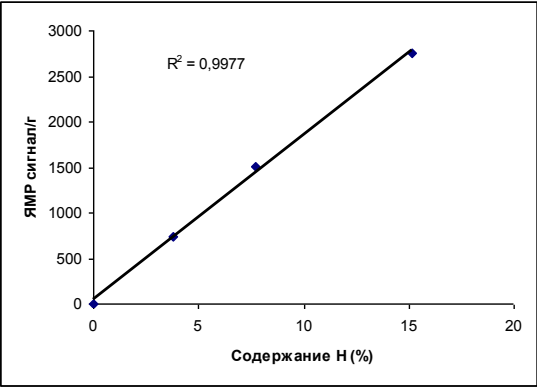


Рис. 1. Пример калибровочной прямой измерения содержания водорода методом импульсного ЯМР (разные навески п-додекана)

Результаты измерения содержания водорода в топливах полученное с помощью ЯМР анализатора высокоточные. В таблице 1 приведены точности определения содержания водорода для двух штучных стандартов приготовленных с использованием разных навесок п-додекана (3,760 и 7,687 % Н) и одного образца п-гексадекана (15,148 % Н).

Таблица 1

Точность измерения содержания водорода в топливах

Образец	Теор., % Н	СКО. % вес.	Точность в середине диапазона (доверительный интервал 95%), % вес.
п-додекана	3,760	0,052	0,002
п-додекана	7,687	0,052	0,004
п-гексадекана	15,148	0,024	0,006

Еще одним применением импульсных ЯМР анализаторов для анализа нефтепродуктов является определение содержания восков в нефти. Содержание воска (парафинов) в нефти это важная характеристика которая влияет на физические свойства сырой нефти, в частности ее вязкость. Поэтому измерение содержания восков становится рутинным анализом для контроля качества нефтеперерабатывающих предприятий. В дополнение воска в нефти могут образовывать отложения на дне трубопроводов и резервуаров и вызывать блокировку, особенно при низких температурах. Точное определение содержание восков в нефти помогает предвидеть и избежать нежелательную блокировку, и

оборудование может быть использовано с большей эффективностью.

Для определения восков обычно используют существующие экстракционные методы. Однако эти методы требуют растворения большого количества образцов в ацетоне и высококвалифицированного персонала для проведения анализа и самое главное этот анализ длительный. Более того данные методы не пригодны для определения содержания восков при их количестве менее 5% весовых.

В отличие от традиционных методов ЯМР низкого разрешения обеспечивает быстрый прямой и легкий в обращении метод определения содержания восков в нефти, который может быть легко проведен пользователем не специалистом в области ЯМР измерений. Этот метод измерения основывается на измерении ЯМР сигнала от воска и нефти и вычислении содержания воска по калибровке.

К основному преимуществу ЯМР анализаторов следует отнести их высокую стабильность работы в длительном периоде, благодаря чему не требуется частая перекалибровка приборов. Также для ежедневной проверки калибровки используются высокостабильные установочные образцы, которые поставляются вместе с прибором. Время измерения образца очень малое, и не превышает 30 секунд. Кроме этого ЯМР метод является неразрушающим, и образец может быть подвержен последующим испытаниям.

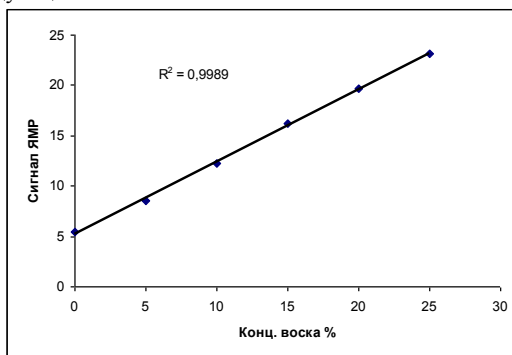


Рис. 2. Калибровка ЯМР анализатора для определения содержания восков

На рисунке 2 приведена калибровка ЯМР анализатора на определение содержания восков в нефти. Стандартное отклонение составило 0,13% весовых, коэффициент корреляции $R^2 = 1,00$ для диапазона концентраций 0-25% весовых воска в нефти. Образцы для анализа наливались в пробирки диаметром 10 мл, образцы перед измерением термостатировались в течение 20 минут при температуре -15°C .

Воспроизводимость измерений прибора была проверена путем пятикратного измерения одного и того же образца с термостатированием в течении 20 минут при температуре -15°C перед каждым измерением. Результаты исследования приведены в таблице 2.

Таблица 2

Результаты исследования воспроизводимости измерений прибора

Заданная концентрация воска, % вес.	Результаты повторных измерений содержания воска, % вес.					Среднее значение концентрации воска, % вес	Стандартное отклонение, % вес.
	5,11	4,94	4,96	5,41	5,30		
5,00	5,11	4,94	4,96	5,41	5,30	5,14	0,21

Представленные результаты показывают, что с бурным развитием техники методы исследования нефтепродуктов совершенствуются, снижаются требования к персоналу и повышается точность результатов. Также стоит отметить, что для потребностей производства, где в зависимости от результатов анализа, зависит производственный процесс, ответ с лаборатории должен приходить очень быстро. Применение ЯМР анализаторов непосредственно вблизи производственных участков сокращает время необходимое на применение корректировки производственного процесса.

Приведенные выше исследования были проведены на импульсном ЯМР анализаторе MQC-23 производства компании Oxford Instruments.

УДК 681.3.665.66

**S. O. Puzik, V. S. Manzii,
E. G. Aznakaiev, V. S. Shevchuk**
National aviation university, Ukraine

CALCULATION THE THICKNESS OF THE POLLUTION LAYER ON THE ABSORBING PLATES OF GRAVITY FILTER

The continuous operation gravity filter (GF) with parallel absorbing plates analytical research results are represented in this article to prove the principle possibility of the same type filters' functioning. The methodology of calculations for quantitative evaluation of the aviation liquids pollution particles sedimentation process was suggested, provided that there is no friction along the absorbing plates, as well as on the surface of the pollution layer emerging.

The object of the research is the gravity filters; the principle scheme of one of them is given on the fig. 1.

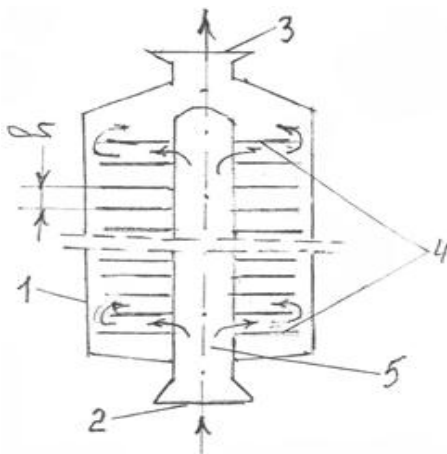


Fig.1 The scheme of the continuous operation GF

The gravity filter consists of a frame 1 with the inlet 2 and outlet 3 branch pipes, and a block of absorbing plates 4, set on the central tube 5 at the distance of h.

The filter works in the following way: the stream, for example of the aviation fuel, reaches the central tube 5 through the inlet branch pipe and then gets to the absorbing plates canals (slits) 4 through the holes in the central tube, where mechanical admixtures generally precipitate on the plates, and filtered fuel flows towards the outlet branch pipe 3.

To prevent the precipitating pollution particles from washing away first from the surfaces of the absorbing plates, than from the formed layer of accumulated particles' surface, the force of sliding friction is required between the individual particle and the surface (F_{fric}) to surpass the force of interaction between the particle and the fluid (fuel).

The last of these forces can be expressed according to the Stokes' law known from hydraulics by means of the formulae $F_s = 3\pi d V_l \rho_l V$, where V is the speed of the fluid near the surface of precipitation; d is the diameter of the polluting particle taken as a sphere with a sufficient approximation, V_l is the fluid viscosity kinematic coefficient, and ρ_l is the liquid density.

It is important to add that the given formula works in the presence of liquid streamline motion, the existence of which is characterized by the transition Reynolds number, known from hydraulics; for liquid streamline motion it is $Re_{cr} \leq 2000$. This number is defined by means of the formula

$$Re = \frac{V_{aver} D_r}{V_l},$$

where V_{aver} is the mean speed of the liquid, D_r is so called hydraulic diameter for the flat sleet $D_r = 2h$.

The fluid average velocity is measured by means of the formula [2]:

$$V_{aver} = \frac{V_{inl} V_{out}}{2},$$

where $V_{out} = \frac{Q}{S_{inl} n}$ is the average velocity at the inlet to the slit between neighboring absorbing plates;

$V_{out} = \frac{Q}{S_{out} n}$ is the average velocity at the outlet from the slits.

In this formula:

Q is the overall liquid intake for the time unit, n is the number of

slits, $S_{inl} = 2\pi r_0 h$, $S_{out} = 2\pi r h$ (r_0 is the radius of the inlet branch pipe, and r is the radius of outlet pipe). That is $V_{inl} = \frac{Q}{2\pi r_0 h n}$, $V_{out} = \frac{Q}{2\pi r h n}$, hence

$$V_{aver} = \frac{Q}{4\pi h n} \left(\frac{1}{r_0} + \frac{1}{r} \right). \text{ Now } Re = \frac{Q}{4\pi h n} \left(\frac{1}{r_0} + \frac{1}{r} \right) \frac{2h}{V_l}.$$

For instance, with $Q = 3330$ cm/s; $h = 0,3$ cm; $d = 0,001$ cm; $r_0 = 5$ cm; $r = 60$ cm; $n = 90$; $V_p = 0,014$ cm²/s, $\rho_p = 0,78$ h/cm³,
 $Re = \frac{3330}{2 * 3,14 * 90 * 0,014} \left(\frac{1}{5} + \frac{1}{60} \right) = 91,18 \leq 2000$, that is the mode of the liquid motion in every slit is streamlined, so that the Stokes formula application is already proved.

The liquid velocity near the surface of precipitation is defined by means of the formula $V = \frac{2}{3} V_{aver} \left[1 - \frac{4y^2}{h^2} \right]$, where, in accordance to the fig. 2, y is the distance from the slit pole to the precipitation surface. The scheme of forces that influence the polluting particle precipitated.

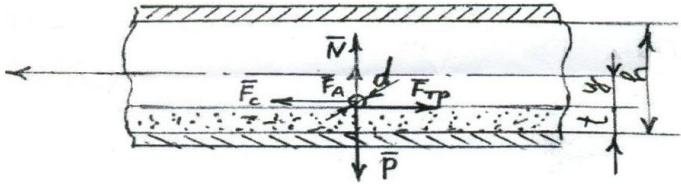


Fig.2 The scheme of the forces influencing the precipitated polluting particle

At the fig. 2 P is the weight force of the particle, F_A is buoyancy force, N is a normal reaction of the precipitating surface, F_{fric} is the frictional force, F_c is the Stokes force.

Inserting the received expression for the average velocity we have

$$V = \frac{3Q}{2 * 4\pi h n} \left(\frac{1}{r_0} + \frac{1}{r} \right) \left[1 - \frac{4y^2}{h^2} \right].$$

Taking account of this expression Stokes force is

$$F_c = 3\pi d V_p \rho_p \frac{3Q}{2 * 4\pi h n} \left(\frac{1}{r_0} + \frac{1}{r} \right) \left[1 - \frac{4y^2}{h^2} \right] = \frac{9Q\pi d V_p \rho_p}{8h n} \left(\frac{1}{r_0} + \frac{1}{r} \right) \left[1 - \frac{4y^2}{h^2} \right]$$

As for the frictional force, regarding our research [3] it is defined by the means of the formula $F_{mp} = A + fN$, where f is the sliding friction coefficient (according to the research [4]) A is the constant quantity dependant from the accuracy of the solid bodies contacting surface (so called adhesion force), $f=0,6$.

According to the scheme of the forces as it is shown in the fig.2

$$N = P - F_A = \frac{\pi d^3}{6} \rho_r g - \frac{\pi d^3}{6} \rho_p g = (\rho_r - \rho_p) \frac{\pi d^3}{6} g, \text{ where } \rho_r - \text{ is the density of the particles of pollution, for example, as it is accepted in practical researches } \rho_r = 3 \text{ g/cm}^3. \text{ So } F_f = A + f(\rho_r - \rho_p) \frac{\pi d^3}{6} g.$$

Let's take a look at the notion of adhesion in more detail. First of all, it is the molecular bond between the surfaces of the precipitating plates and the first particles, which have sunk with new sinking particles. As a result of this there arises a so-called free energy E. It is determined with the value of the surface tension and the total interface.

It is calculated according to the formula: $E = \delta S$, where δ – surface tension, S – so-called area of the interface.

Considering the particles of the pollution as the spheres with the diameter d, we have: $S = \pi d^2$.

According to the figures of the work [3] the force of adhesion is $A = 4\pi d\delta$

$$\text{So, } F_f = 4\pi d\delta + f(\rho_r - \rho_l) \frac{\pi d^3}{6} g.$$

According to the condition of absence of the washing-off precipitating particles of pollution, $F_f \geq F_c$, and after substitution of expressions for these forces we have:

$$4\pi d\delta + f(\rho_r - \rho_l) \frac{\pi d^3}{6} g \geq \frac{9Q\pi d V_l \rho_l}{8hn} \left(\frac{1}{r_0} + \frac{1}{r} \right) \left[1 - \frac{4y^2}{h^2} \right]$$

Solving this inequation under y:

$$y \geq \sqrt{\frac{h^2}{4} - \frac{8\pi h^3 n \delta + f(\rho_r - \rho_l) \frac{\pi d^3}{3} g}{9QV_l \left(\frac{1}{r_0} + \frac{1}{r} \right)}}.$$

For example, for particles which size d = 0,005 cm. in consideration with the fact that according to the work [3] $\delta = 0,0000483$. As the result of solving we have: $y = 0,074$ cm.

Then, the thickness of the sphere of the contamination sphere is $t \leq \left(\frac{h}{2} - y \right) = 0,15 - 0,074 = 0,076$ cm. It means that the maximum volume of the

generated sphere of the pollution in every chink composes $\frac{0,076}{0,3} 100\% = 25,3\%$ of the volume of the chink.

CONCLUSIONS

1. We justified the ability of the developed filters of the continual action to fulfil their main purpose: obtaining pure liquid on the outlet, when admixtures of the pollution of that liquid are left on the precipitating plates of the filter.

2. The volume of the created sphere of the pollution is 25,3% of all the volume between the plates of the filter. It gives a try to create the interval between the washing of the filter from the accumulated pollutions and do not prevent from the functioning of the filter during certain time.

УДК 665

Братус В. А.

Національний авіаційний університет, Україна

ПРОБЛЕМИ РОЗВИТКУ ЦИВІЛЬНОЇ АВІАЦІЇ УКРАЇНИ

На даний час, через складну економічну та суспільно – політичну ситуацію в нашій країні, розвиток ринку авіаційних послуг зазнав істотних збитків.

Стан вітчизняної авіаційної галузі на сьогодні залишається незадовільним. Так, в 2009 році порівняно з 2008 роком спостерігається значне зниження вантажообороту на 22,5%, пасажирообороту майже на 17%, транзитних перевезень вантажів на 25,4%. Водночас значно зросла кількість вітчизняних комерційних авіаційних компаній, що конкурують на ринку авіаційних послуг. При цьому з великої кількості авіаційних компаній лише декілька виконують близько 90 % об'єму робіт і тільки одна третина компаній працює на постійній основі. Парк літаків цивільної авіації надзвичайно застарів. Понад 80 % пасажирських літаків експлуатуються більше 10 років, їх технічний і експлуатаційний рівень не відповідає сучасним стандартам, особливо в галузі авіаційних двигунів. У більшості авіаційних компаній, що займають провідні позиції на ринку авіаційних послуг, відсутні необхідні фінансові кошти для відновлення парку повітряних суден.

Існує потреба у розробці і формуванні нових перспективних механізмів та принципів у системі цивільної авіації, які дозволили б забезпечувати розвиток галузі та протистояння зовнішній конкуренції. Актуальною проблемою, що постає перед авіаційним комплексом України є обґрунтування шляхів виходу з кризи та завоювання міцних конкурентних позицій на світовому ринку.

Цивільна авіація як складова єдиної транспортної системи вирішує завдання щодо організації міждержавних транспортних зв'язків, задоволення потреб суб'єктів господарювання та населення в авіаційних перевезеннях і роботах як на території України, так і за її межами. Саме тому Україна має конкурувати з провідними країнами, які мають потужні позиції в світовій авіаційній галузі.

Вкрай складна ситуація склалася в авіапромисловості. Авіаційна промисловість України, незважаючи на глибокі економічні складнощі, поки ще зберігає свій базовий науково-технічний і виробничий потенціал, що дозволить створити і сертифікувати в останні роки низку зразків цивільної авіаційної техніки, що не поступаються світовим аналогам. Однак об'єм продажу вітчизняної цивільної авіаційної техніки скоротився більш, ніж у п'ять разів, що пояснюється

падінням пасажирообігу, відсутністю фінансових можливостей у вітчизняних авіаційних компаній для переоснащення парку повітряних суден, відсутністю в країні системи авіаційного лізингу. Водночас, завдаючи збитків національним інтересам країни на внутрішній ринок України активно виходять іноземні виробники авіаційної техніки й авіаційні компанії, незважаючи на наявність конкурентноздатних повітряних суден вітчизняного виробництва нового покоління. Недостатньо уваги приділяється проблемі експорту цивільних літаків. Основною причиною такого стану є вкрай обмежене фінансування авіаційної діяльності у поєднанні з неефективним державним регулюванням.

Для подолання існуючих проблем та формування конкурентних переваг, що сприятимуть зміцненню позицій на світовому ринку, збільшенню рентабельності, залученню інвестицій, розвитку технологічної бази для України пріоритетним є створення міжнародних консорціумів; організація спільних підприємств; довгострокова кооперація; державна підтримка аерокосмічної промисловості. Перспективою розвитку авіаційної галузі України є консолідація авіаційних підприємств, що є характерним для авіакомплексів розвинутих країн.

Крім того, ефективним кроком є приватизація частини підприємств державного авіаційного комплексу з метою підвищення прибутковості та інвестиційно-інноваційної активності підприємств. Приватизація дозволяє подолати такі недоліки державного управління, як монополізм та відсутність конкурентних умов бізнесу, відсутність стимулів щодо отримання прибутку, обмеженість фінансування, нецільове використання коштів. Проте необхідно враховувати й негативні наслідки роздержавлення підприємств авіаційної галузі, а саме: доведення підприємств до важкого фінансового стану через набуття контролю над ними; захват іноземними компаніями перспективних сегментів авіаційного комплексу країни; спекулятивна купівля підприємства авіаційного сектора з метою перепродажу; перешкоджання реалізації авіаційної техніки, що вироблена в країні з метою просування іншої аналогічної продукції.

Практична реалізація вище викладених заходів дозволить забезпечити подальший прогресивний розвиток авіаційного комплексу України, налагодити тісні соціальні та економічні взаємозв'язки з іншими країнами, розширити потенційні ринки збуту української авіабудівної продукції, забезпечити участь вітчизняних підприємств у виконанні іноземних проектів та зайняти гідне місце у глобальному конкурентному середовищі авіатранспортних послуг.

Також доцільно виділити актуальні проблеми в галузі забезпечення безпеки польотів у цивільній авіації, зокрема, недокомплектованість кадрами державних інспекторів, що здійснюють державний контроль за діяльністю авіаційних підприємств в галузі безпеки польотів і авіаційної безпеки; недосконалість наявних тренажерів, що призводить до подорожчання підготовки, зниження навиків членів екіпажу в керуванні повітряними судами, особливо в складних метеоумовах і в аварійних ситуаціях; недостатня оснащеність цивільної авіації технічними засобами забезпечення авіаційної безпеки, в тому числі апаратурою виявлення вибухових речовин; невідповідність інформаційного забезпечення безпеки польотів потребам системи державного регулювання, що ускладнює своєчасне прийняття рішень з метою запобігання авіаційних надзвичайних ситуацій; застаріла лабораторна база й устаткування науково-дослідних і

проектних організацій цивільної авіації та промисловості, що забезпечують відпрацювання і вирішення технічних проблем забезпечення безпеки цивільної авіації.

Для суттєвого покращення ситуації необхідно вжити невідкладних та дієвих заходів щодо авіаційної безпеки в цивільній авіації організаційного спрямування: забезпечення авіаційної безпеки в аеропортах і на авіаційних підприємствах; проведення сертифікації аеропортів (авіаційних підприємств, організацій), що здійснюють діяльність в галузі забезпечення авіаційної безпеки; впровадження повного огляду членів екіпажів літаків, пасажирів і багажу перед вильотом.

Важливе практичне значення має підготовка кадрів в галузі авіаційної безпеки в системі навчальних закладів цивільної авіації, спеціальна професійна підготовка співробітників служб авіаційної безпеки аеропортів та авіаційних підприємств, використання в процесі навчання сучасних комп'ютерних технічних засобів, устаткування і систем забезпечення авіаційної безпеки, удосконалювання взаємодії державного спеціально уповноваженого органу виконавчої влади в галузі цивільної авіації, його територіальних органів, аеропортів і авіаційних підприємств із державними органами виконавчої влади, що беруть участь у попередженні і запобіганні актів незаконного втручання в діяльність цивільної авіації.

Також важливе значення має оснащення аеропортів і авіапідприємств сучасним високотехнологічним устаткуванням і технічними засобами забезпечення авіаційної безпеки, використання новітнього устаткування при огляді пасажирів, багажу, вантажів і пошти.

Для подолання проблем, які існують на даний час в авіації України, необхідно удосконалювати нормативно – правову та матеріально – технічну базу шляхом розробки законодавчих актів України і галузевих нормативних правових документів, приводити законодавчі та інші нормативні правові акти у відповідність з основними принципами розвитку цивільної авіації України з урахуванням стандартів і рекомендацій міжнародного світового співтовариства.

УДК 665.63 (043.2)

Ковтун А. К., Бойченко С. В.

Национальный авиационный университет, Украина

МОДЕРНИЗАЦИЯ ВПУСКНОГО КОЛЛЕКТОРА

На сегодняшний день наиболее актуальным заданием, что стоит перед производителей автомобилей является повышение экологичности и экономичности работы двигателей. Мы предлагаем одно из перспективных решений данной проблемы, которое состоит в модернизации впускного коллектора автомобиля.

Впускной коллектор направляет воздушный поток в головку блока цилиндров, количеством воздуха управляет дроссельная заслонка. Смешивание воздуха с топливом обычно происходит в короткой части впускного коллектора или в ГБЦ, ресивер же служит для накапливания воздуха и компенсации

колебаний.

Система VIS у двигателів L-и Z-типа (Мазда) створена для створення скачка уплотнення в тому каналі впускного колектора, де зараз відбувається такт впуску повітря на високих оборотах. Так як на низьких оборотах коефіцієнт наповнення свіжою паливо-повітряною сумішшю 90% , а на низьких оборотах – 60%.

В наші часи алгоритм процесу відкриття динамічної (або резонансної) камери передбачає тільки 2 режими – «відкрито» або «закрито».

Наша схема не дає можливості реалізувати перехідні режими. Порог спрацьовування – 3750 або 4500 об/хв в залежності від моделі.

Таким чином, утворюються втрати при оборотах від «вище холостого ходу» до «високих» – 3750 або 4500 об/хв в залежності від моделі .

Можна уникнути неефективної роботи на перехідних режимах шляхом постійного змінення об'єму динамічної (резонансної) камери.

В цьому випадку динамічна (резонансна) камера буде працювати повністю як пневматичний аналог гідроаккумулятора.

Клапан ходить ближче або далі відносно впускного каналу. Таким чином плавно змінюється об'єм динамічної (резонансної) камери. Це призводить до постійному зміні скачка тиску (ударної хвилі) для збільшення наповнюваності циліндрів.

УДК 665.753.3

Лютий О. С.

ДП «Орган з сертифікації нафтопродуктів та систем якості «МАСМА-СЕПРО», Україна

Аксьонов О. Ф.

Національний авіаційний університет, Україна

ТРИБОЛОГІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ СУЧАСНИХ ДИЗЕЛЬНИХ ПАЛИВ

Останнім часом спостерігається різке підвищення вимог до якості дизельних палив і не дивлячись на відмінність в специфікаціях різних країн, чітко простежується тенденція до зниження вмісту сірки, поліциклічних ароматичних вуглеводнів, тим самим поліпшуються екологічні показники.

Застосування екологічно чистих дизельних палив (з зниженим вмістом сірки і інших шкідливих речовин) призвело до цілого ряду проблем: виходу з ладу паливних насосів, із-за зниження їх змащувачої здатності і збільшенню корозійної агресивності, пов'язаному з видаленням в процесі гідроочищення поверхнево-активних речовин, здатних утворювати захисну плівку і ін.

В даний час є багато публікацій в яких наводяться результати досліджень впливу складу і фізико-хімічних властивостей дизельного палива на трибологічні властивості.

Найбільш перспективним напрямом вирішення даної проблеми є застосування екологічно безпечних присадок різного функціонального призначення.

Для оцінки змащувачих властивостей дизельних палив за кордоном

використовують комплекс тестів, що включає лабораторні, стендові і експлуатаційні випробування.

Сучасне виробництво високоякісних дизельних палив неможливе без добавок присадок, таких як депресорні, цетанопідвищуючі, антидимні, миючі, антиокислювальні, диспергуючі, інгібітори корозії, протизношувальні та інших. При складанні багатofункціональних пакетів присадок необхідно враховувати їх сумісність, оскільки вони можуть впливати на функціональні властивості один одного.

Необхідно відзначити, що сучасні державні стандарти які б регламентували визначення трибологічних характеристик палив, знаходяться лише на стадії формування, тільки зовсім нещодавно міжнародний стандарт ISO 12156 був адаптований в ДСТУ ISO. Ймовірно це пояснюється традиційним використанням і певною самодостатністю стандарту ГОСТ 9490-75.

В Україні широкого поширення набули чотирьохкулькові машини тертя вітчизняного виробництва ЧШМ-К, що дозволяють проводити випробування по ГОСТ 9490-75. Проте останнім часом у зв'язку з введенням нових (згідно Європейських Директив) стандартів на паливо (ДСТУ 4840:2007), з'являються іноземні машини тертя адаптовані для проведення випробувань палив, інших нафтопродуктів тих, що відповідають сучасним вимогам.

УДК: 662.6/9:678.04

**Бородако П. В., Варламова Н. И.,
Попов И. М., Федоров Е. П., Яновский Л. С.
ЦИАМ им. П.И. Баранова
Третьяков В. Ф., Французова Н. А.
МИТХТ им. М.В. Ломоносова**

РАЗРАБОТКА СИНТЕТИЧЕСКОГО РЕАКТИВНОГО ТОПЛИВА ИЗ БИОСЫРЬЯ

В связи с неизбежным истощением невозобновляемых сырьевых источников энергии (нефти, угля, природного газа и др.) единственным альтернативным, практически бессрочным, источником энергии является энергия солнечного излучения, аккумулированная в биомассе. Разработка эффективной малозатратной технологии производства моторных топлив из биосырья и, в частности, реактивных топлив, является объективной необходимостью и актуальна уже в настоящее время.

Анализ физико-химических и эксплуатационных свойств производимых в настоящее время для поршневых двигателей кислородсодержащих синтетических биотоплив (спиртов и эфиров) убеждает в нецелесообразности их применения в качестве топлив для авиационных газотурбинных двигателей (ГТД), главным образом, из-за пониженной, по сравнению с авиакеросинами, теплоты сгорания. Синтетические реактивные топлива должны иметь углеводородный состав и не уступать по теплоте сгорания современным реактивным топливам из нефти.

Технические требования к синтетическому углеводородному топливу для

авиационных ГТД из альтернативного (ненефтяного) сырья были разработаны в 2008 г., и по этим требованиям в 2009 г. впервые в России были созданы опытные образцы жидкого синтетического углеводородного топлива из биосырья. В качестве биосырья для производства синтетического реактивного топлива использовался этанол – широко освоенный в мировой практике продукт переработки биомассы, в том числе непищевой.

Себестоимость производства этанола из крахмалосахаросодержащих продуктов – зерна и сахарной свеклы в Европе до стадии его конечной переработки в топливо составляет 0,53 и 0,45 Евро за литр, соответственно. При использовании лигнинсодержащего сырья (древесина, солома) себестоимость этанола за литр колеблется от 0,56 до 0,46 Евро за литр.

Известно, что при пропускании этанола через цеолиты со структурой HZSM-5 (Si/Al) образуется ряд ароматических и алифатических углеводородов различного строения. При разработке лабораторного регламента синтеза углеводородов конверсией биоэтанола в качестве катализаторов были использованы новые модельные образцы, разработанные и изготовленные на основе цеолитов типа ZSM-5 с различными силикатным модулем и структурирующими добавками, промотированные различными металлами и активированные термическим и механохимическим способом. На основании экспериментальных исследований были выбраны цеолитсодержащие катализаторы: 3%Zn/27%Al₂O₃/Fe-ЦКЕ-Г50 (Si/Fe = 550); SiO₂/Fe₂O₃ = 550МО (модифицированный механохимической обработкой); SiO₂/Fe₂O₃ = 550ТПО (модифицированный термической обработкой). Для проведения экспериментов по конверсии этанола применялся наиболее активный цеолитсодержащий катализатор 3%Zn/27%Al₂O₃/Fe-ЦКЕ-Г50 (Si/Fe = 550) с размерами частиц 0,2–0,5 мм. Для гидрирования продуктов конверсии этанола применялись катализаторы гидрирования: рений-содержащие, платину-содержащие, никельхром-оксидные, Co(Ni)-Mo/W-Al₂O₃, промотированные полигетеросоединениями Мо и W. Наиболее высокую активность в реакции гидрирования проявили рений- и платиносодержащие катализаторы.

Катализаторы готовились по стандартной методике и характеризовались рентгенографическим методом РФА, сканирующей электронной микроскопией (ЭСМ), FTIR, ядерным магнитным резонансом (ЯМР).

Исследования процесса превращения биоэтанола проводились на установках проточного типа при атмосферном и повышенном (до 0,6 МПа) давлениях. Проведение экспериментов при атмосферном давлении позволяло применять прозрачный кварцевый реактор, испытания при повышенном давлении проводились на реакторе, изготовленном из нержавеющей стали. Кроме того, на атмосферной установке для подачи этанола в реактор применялся газ-носитель азот. В остальном оборудовании установки не имели принципиальных отличий. Схема установки конверсии этанола при повышенном давлении показана на рис. 1.

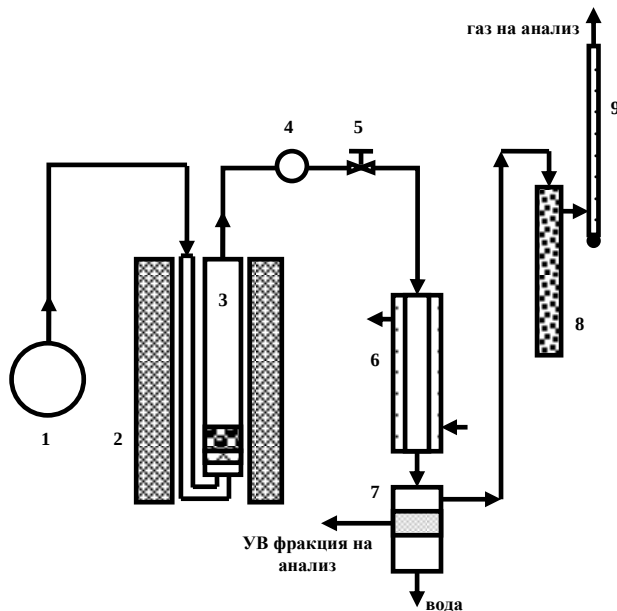


Рис.1. Схема проточной лабораторной установки превращения этанола при повышенном давлении на стационарном слое катализатора:

- 1 – насос-дозатор; 2 – электрическая печь; 3 – реакторный блок; 4 – манометр;
5 – дросселирующий кран; 6 – конденсатор; 7 – сепаратор; 8 – скруббер;
9 – измеритель газового потока

Основной частью установки является металлический реакторный блок (3), который помещается внутри электрической печи (2), позволяющей осуществлять нагрев реактора с катализатором до 600°C .

Реакторный блок – это реактор, совмещенный с испарителем в виде металлической трубки диаметром 3 мм. В реакторный блок (3) на сетку реактора загружалась навеска катализатора массой 1 грамм. Этанол с помощью насоса (1) подавался в испаритель, и далее пары этилового спирта снизу подводились к катализатору. Нагрев реактора осуществлялся электропечью (2). Температура в реакторе поддерживалась автоматическим терморегулятором. Давление в реакторе контролировалось с помощью манометра (4) и поддерживалось постоянным с помощью дросселирующего крана (5).

Продукты реакции поступали в конденсатор (6), который охлаждался проточной водой. В сепараторе (7) происходило разделение реакционной массы на жидкую и газообразную фазы. Жидкая фаза, представляющая собой водную и углеводородную фракции, отбиралась в приемник. Затем с помощью делительной воронки выделялась углеводородная фракция из жидкого продукта реакции. Газовая фаза, пройдя через скруббер (8) и измеритель газового потока (9), сбрасывалась в атмосферу. Для анализа газообразных продуктов производился отбор газов в газовую пипетку.

Исследования каталитического превращения этанола при атмосферном давлении проводились в интервале температур 350–450°C при объёмных скоростях подачи азота 2100–5700 ч⁻¹ и объёмной скорости подачи этанола 5000ч⁻¹.

Исследования каталитического превращения этанола при повышенном давлении проводились в интервале температур 300–450°C и давлений до 0,6 МПа. при объёмных скоростях подачи этанола 2500 и 5000ч⁻¹.

Перед началом эксперимента катализаторы в обоих случаях подвергались предварительной обработке в токе азота при 600°C в течение 1 часа.

Анализ газовых и жидких продуктов превращения этанола проводился методом газовой хроматографии и хроматомасспектрометрическим методом. Активность катализаторов оценивалась по конверсии этанола и по выходу продуктов реакции.

Процесс гидрирования продуктов конверсии биоэтанола проводился автоклавным способом. Схема установки гидрирования приведена на рис.2.

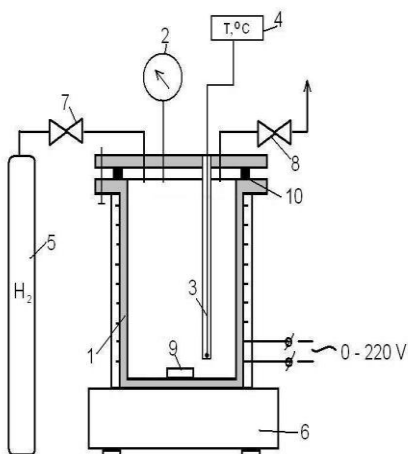


Рис.2. Схема установка для гидрирования продуктов конверсии этанола:
1 – реактор-автоклав; 2 – манометр; 3 – термопара; 4 – датчик температуры;
5 – баллон с водородом; 6 – нагревательный элемент; 7,8 – вентили;
9 – магнитная мешалка; 10 – прокладка.

Гидрирование на рений-содержащем катализаторе проводилось при давлении 1,5 МПа, температуре 140°C при активном перемешивании в течение 30 часов с периодической подкачкой водорода.

Гидрирование продуктов конверсии биоэтанола на платину-содержащем катализаторе проводилось при давлении 1 МПа и температуре 250°C в течение 3–4 часов.

Были получены 4 образца синтетического жидкого углеводородного топлива в количестве до 1 л каждый:

- исходный продукт конверсии биоэтанола (образец № 1);

- продукт гидрирования образца № 1 (образец № 2);
- продукт, полученный отгонкой легких фракций из образца №1, (образец №3);
- продукт, полученный отгонкой легких фракций из образца №2, (образец №4)

Все образцы были испытаны на соответствие Техническим требованиям (ТТ) к синтетическому (ненефтяному) топливу для авиационных ГТД.

Опытные образцы жидкого углеводородного топлива не соответствуют ТТ на синтетическое топливо для авиационных ГТД:

- образец № 1 – по фракционному составу, кинематической вязкости при 20⁰С, содержанию ароматических углеводородов, йодному числу, термоокислительной стабильности, концентрации фактических смол и, априори, по температуре вспышки из-за наличия легких бензиновых фракций;
- образец № 2 – по фракционному составу, кинематической вязкости при 20⁰С и температуре вспышки по той же, что у образца № 1, причине;
- образец № 3 – по кинематической вязкости при 20⁰С, содержанию ароматических углеводородов, йодному числу, концентрации фактических смол.
- образец № 4 – по кинематической вязкости при 20⁰С (1,09 сСт вместо не менее 1,25 сСт по ТТ) и температуре вспышки (25⁰С вместо не менее 28⁰С).

Из испытанных опытных образцов биотоплива наибольший интерес представляет образец № 4, полученный отгоном легких фракций из образца №2.

Следует отметить, что норма в ТТ по кинематической вязкости при 20⁰С «не менее 1,25 сСт» заимствована из ТТ к топливу ТС-1 по ГОСТ 10227-86. Она обусловлена необходимостью ослабить негативное влияние низкой вязкости на противоизносные свойства топлива. В топливо ТС-1 не вводится противоизносная присадка. Во все же отечественные гидрогенизационные топлива (РТ, Т-8В, Т-6) вводится противоизносная присадка, улучшающая противоизносные свойства этих топлив, лишенных, в отличие от прямогонного топлива ТС-1, естественных гетероатомных поверхностно- активных веществ с хорошими смазывающими свойствами.

В образец №4, полученный с применением процесса глубокого гидрирования, должна вводиться та же противоизносная присадка, что и в топливо РТ, в концентрации 0,003%. Это обеспечит хорошие противоизносные свойства топлива №4, несмотря на его пониженную, по сравнению с нормативной, кинематическую вязкость при температуре 20⁰С. Отметим, что кинематическая вязкость образца № 4, равная 1,09 сСт при 20⁰С, отвечает требованию к кинематической вязкости при этой температуре, предъявляемому ТТ ГОСТ 10227-86 к широкофракционному топливу Т-2 («не менее 1,05 сСт»), которое является резервным по отношению к самому широко применяемому в авиации топливу ТС-1.

У топлива Т-2, содержащего в своем составе, в том числе, легкокипящие бензиновые фракции, температура вспышки отрицательная (-18⁰С).

Таким образом, можно утверждать, что несоответствие образца биотоплива № 4 требованию ТТ по кинематической вязкости при температуре 20⁰С и по температуре вспышки не является браковочным. Устранить это несоответствие можно, введя соответствующие изменения в ТТ, или отгонкой из образца № 4

фракций с температурой кипения ниже 155°C – максимально допустимой температуры начала кипения для топлива РТ. В последнем случае уменьшится выход реактивного топлива из биосырья.

Впервые в России создано синтетическое жидкое (из биосырья) углеводородное топливо для авиационных ГТД, которое практически соответствует требованиям, предъявляемым к унифицированному термостабильному топливу РТ (ГОСТ 10227-86), допущенному к применению на всех отечественных летательных аппаратах с газотурбинными двигателями. Выход этого топлива из промежуточного биосырья (этилового спирта) пока составляет около 10%, что при современных ценах в США и Европе на биоэтанол (0,35–0,55 Евро) делает реактивное биотопливо в несколько раз дороже современного нефтяного топлива РТ. Общий же выход из биоэтанола углеводородных продуктов C_1 – C_{10} по разработанному лабораторному регламенту синтеза углеводородов конверсией биоэтанола составляет около 30%.

Исследования необходимо продолжить в направлении дальнейшего совершенствования технологического регламента синтеза реактивного биотоплива для увеличения его выхода из биосырья и снижения стоимости.

УДК 621.537.611

M. N. Svirid, S. N. Zadneprovskaja, L. B. Pryimak
National Aviation University, Ukraine

RESEARCH OF STEEL-BRASS FRICTION PAIR TRIBOLOGICAL CHARACTERISTICS IN MAGNETIC FIELD

During machines and mechanisms exploitation they lose the working capacity, and wear is one of the primary factors, negatively influences on friction knots work.

There are many methods of friction pairs renewal: galvanic, plasma, detonation, electrochemical. In the given work the method of renewal with the help of magnetic field is considered.

Research of authors [1] have shown that at passing of magnetic lines through contact zone wear resistance of steel surfaces increases.

Also work is known [2] where it is experimentally proved that the electromagnetic field promotes selective carrying.

Also recently magnetic impulse processing is widely applied for reliability of cutting tool work.

Increasing of mechanical and tribological properties of tool steels after processing by impulse magnetic field [3] is known.

The work purpose: to investigate condition of tribological system in unidirectional MF and impulse unidirectional magnetic fields. To define conditions of working capacity and renewal parameters of friction pair.

Materials and methodic of experiment carrying out. For research specimens from steel 65Г, tempered on martensite are used, for rider used copper alloy JIC59-1. As the working environment mineral oil M10Г2к served, in friction zone paramagnetic powder of tin was added. Researches were conducted at speed 0,12 km/s, normal

loading 3,5 MPa and magnetic induction 0,19 Tl on tribological installation [4]. Installation consists of the power supply, oscillograph, the breaker, the ampermeter for current registration in friction zone, the ampermeter for registration of current passing through the coil of inductance, the coil of inductance, capacities for working environment, loadings element, friction knot.

For creation of impulse magnetic field to the electromagnetic coil connected the breaker, depending on magnetic field direction its location concerning the coil has to be changed, fig. 1 position 1 or 2.

Results of researches. At the first stage experiment conducted both without influence of magnetic field and in magnetic field with direction S/N, N/S. In the process of experiment in friction zone modifying powder was added, powder of paramagnetic class – tin (Sn – fraction to 20 microns).

At direction S/N magnetic power lines are directed in the specimen, and paramagnetic is involved in a magnetic field, hardness Sn (5HB) it is much less, than steel 65Г (66HB) and brass JIC59-1 (30HB), therefore working specimen surface is renewed (fig. 3 – 1).

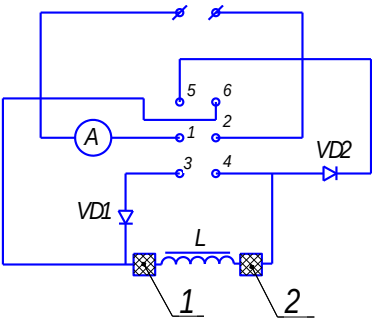


Fig. 1. The electric scheme of installation connection:

1 – arrangement of the breaker for creation of MF with N/S direction, 2 – arrangement of the breaker for creation of MF with S/N direction.

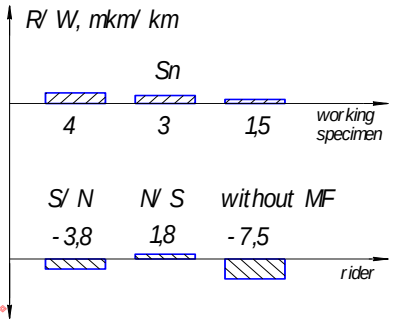
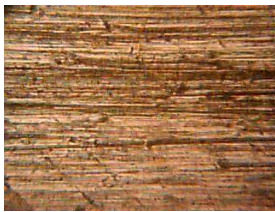


Fig. 2. The dependence diagram of tribological characteristics in a uniform magnetic field in the environment of M10Г2к

At MF N/S direction (fig. 3–3, 4) process of reparation of both friction surfaces is explained by common action of deformation component and direction of MF positive. Without MF total wear is maximum, and plus on working specimen is explained by mechanical component of friction (fig. 3–5, 6).



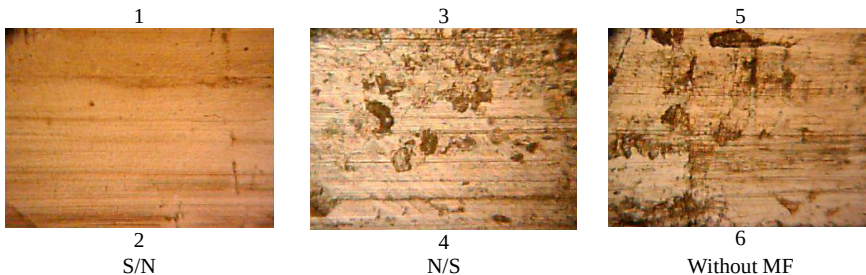


Fig. 3. Friction surfaces topography

The next stage of researches was defined conditions of wear process and change friction pair surfaces condition in IMF (fig. 4a). The impulse swing of a crystal frame increases deformation component in metal layers [5, 6, 7].

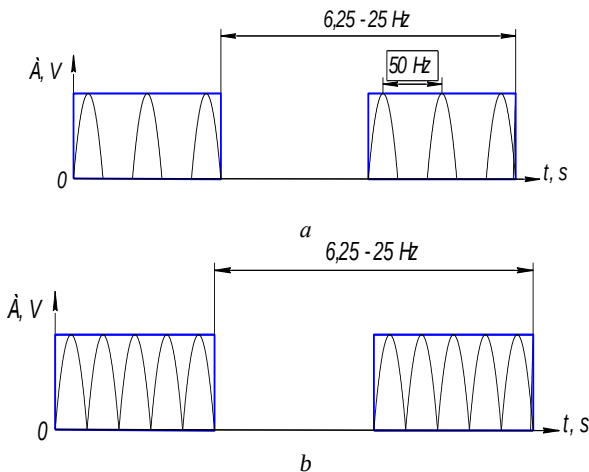


Fig. 4. Frequency of impulse current:

a) – impulse one-half-period current, b) – impulse straightened current

The particular interest represents the straightened action of MF on the deformed friction surface. For this purpose the current direction is changed by parallel connection to the diode coil magnate wire. It has allowed to cut off the bottom half wave of a signal (fig. 4b) that generated impulse MF, directed to one side, and it has accelerated processes of plastic deformation on friction surface.

Results of tests for friction 65Г on JIC59-1 in engine oil M10Г2к are presented on graphs fig. 5a (IMF is created according to fig. 4a) and fig. 5b (character of a signal is shown on fig. 4b).

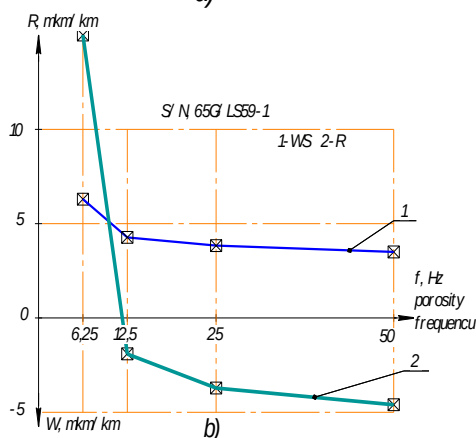
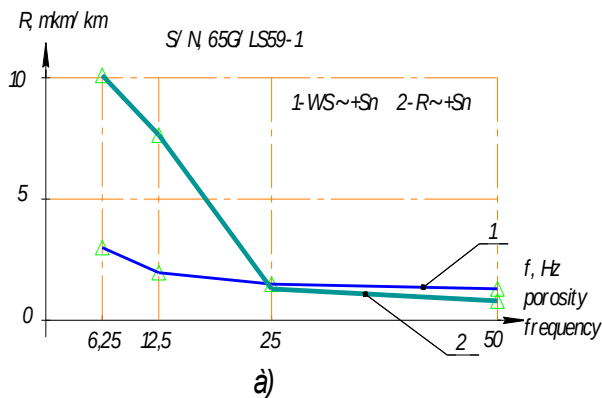


Fig. 5. Graphs of wear (renewal) dependence due to current interruption frequency at S/N direction of magnetic field:

- a) one-half-period signal of electric current (fig. 4a);
- b) straightened signal of variable electric current (fig. 4b)

Friction processes in straightened IMF (fig. 4b) narrow total wear to positive values at interruption with frequency 6,25 Hz, surfaces are restored due to the formation of dense tribotapes from structure of both specimens wear products and chemical interaction of oil components. Deformation processes at impulse influence of the breaker with frequency 6,25 Hz actively influence to crystal frames of metals, making active processes of oxidation in the environment of oil. The further increase of interruption frequency reduces the process efficiency.

On fig. 5 both curves displaced in a renewal zone with interruption frequency 6,25 Hz. It means activation of friction surfaces deformation, at which powder sticks on both surfaces (fig. 6c and 6d), especially on rider. Under condition of straightened IMF influence fig. 4b, thin tapes of the modified powder create on ferromagnetic – working specimen fig. 6c. Tin also covers rider, thereby accelerating renewal process. Rider

surface is rougher, but received tin eliminates these disadvantages fig. 6d. Increase of interruption decreases the deformation components of friction system.

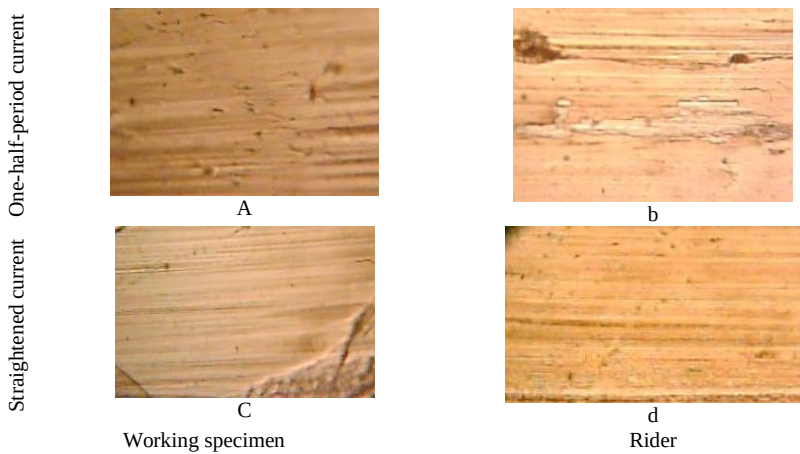
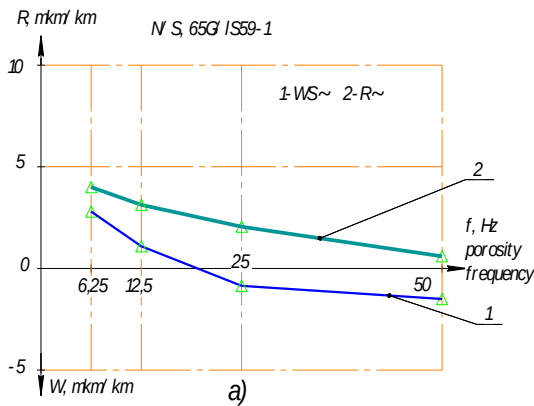


Fig. 6. Friction surfaces topographies with modifying brass powder adding with IMF S/N direction

Change of IMF direction on N/S, displaces the process of wear products moving from working specimen in direction to rider. Such mechanism is dictated by a direction of power lines in a backlash of magnet wire. MF direction to the rider specifies the participation of ferromagnetic parts in the mechanism of abrasive wear process as they present in zone of MF operation, and actively scratch softer material of rider. Then the products of brass wear– diamagnetic material are taken out by MF from the friction zone, due to what the wear of rider increases. According the graph (fig. 7a), all curves have fallen downwards that specifies the wear increasing.



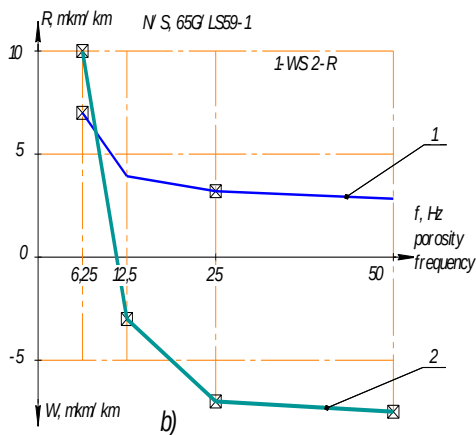


Fig. 7. Graphs of wear (renewal) dependence from interruption frequency with N/S direction of magnetic field:
a) with one-half-period signal of electric current (fig. 4a);
b) with straightened signal of electric current (fig. 4b)

The additive of paramagnetic powder increases mechanical component which means displacement of a paramagnetic to positive gradient of MF with further it smearing on friction surfaces. The tin additive in friction zone during unidirectional bearing with interruption of a signal with MF frequency 6,25 Hz considerably increases resistance to wear. Such processes occur due to the paramagnetic properties to which deformation of friction surface that increases diffusion of external components in a friction surface is added.

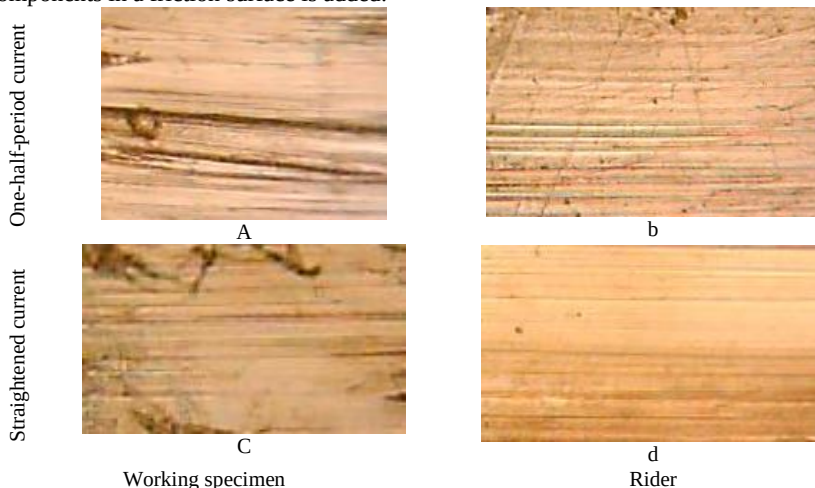


Fig. 8. Friction surfaces topographies with modifying brass powder adding with IMF N/S direction

On fig. 8a and 8b there are the tapes of the stuck brass, it means the presence on friction surface the smeared tin powder that specifies the process of surfaces renewal fig. 7a curves 1 and 2.

Conditions of steel on brass friction under the influence of unidirectional IMF with the tin additive are characterized by restoration process of ferromagnetic 65Г and wear of diamagnetic material ЖС59-1. The duality mechanism is explained by knocking-out of diamagnetic material (copper and zinc) from brass structure, and paramagnetic tin is smeared on steel.

Conclusions:

1. Influence of unidirected magnetic field and unidirected impulsive magnetic field is considered due to tribological characteristics of friction pair, also determined, that surfaces are the most capable in the conditions of the straightened signal of electric current, which creates impulsive magnetic field. Due to these parameters of outsourcing there are the tribological tapes, with small quantity of oxygen, it characterizes formation of servo tapes.

2. It is determined that during the straightened signal of MF and impulsive breaking with frequency 6,25 Hz tribosystem is restored, with using the elements of renewal powder and working environment.

3. It is established that the arrangement of friction surface on S/N pole during reversive movement of specimens is a preferable direction of MF for renewal.

Literature:

1. *Макаренко А.С., Евдокимов В.Д.* Влияние электромагнитного поля, проходящего через зону фрикционного контакта, на знос при высокоскоростном трении // Проблемы техники: Научно-производственный журнал. Одеса: Диол.-Принт, 2005. – № 1. – С. 77–84.

2. *Евдокимов В.Д., Макаренко А.С.* Влияние магнитного поля на избирательный перенос при трении // Проблемы техники: Научно-производственный журнал. – Одеса: Диол.-Принт, 2006. – № 4. – С. 70–783. В.И. Альшиц, Е.В. Даринская, О.Л. Казакова, ЖЭТФ 111, 615 (1997).

3. *М.Т. Галей и др.* Изучение влияния магнитного поля на стойкость быстрорежущего инструмента // Станки и инструмент. 1981. – № 4. – С. 31-32.

4. *Патент* на корисну модель № 45574, МПК G01N 3/56. Пристрій для дослідження матеріалів на тертя та зношування при зворотно-поступальному русі / Свирид М.М., Кудрін А.П., Задніпровська С.М., Ловейко М.Г., Морозова І.В. Заявлено 29.07.2009; Опубл. 10.11.2009, Бюл. № 21

5. *Ю.А. Осипьян, Ю.И. Головин, Д.В. Лопатин, Р.Б. Моргунов, Р.К. Николаев, С.З. Шмурак.* Влияние импульсного магнитного поля на микротвердость монокристаллов С₆₀. // Письма в ЖЭТФ, том 69, вып.2, стр. 1999г. с.110-113.

6. *Galligan J.M., Lin T.H., Pang CS.* Phys. Rev.Lett., 1977, v. 38, № 8, p. 405-407.

7. *Galligan J.M., Pang CS.* Appl. Phys. 1979, v.50, № 10, p. 6253-6256.

ВІДНОВЛЕННЯ ЯКОСТІ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ОЛИВ

Постановка проблеми

Збільшення світової вартості нафти і нафтопродуктів вимагають дбайливішого відношення до працюючих олив, а також відпрацьованих змашувальних матеріалів і їх регенерації.

Втрата експлуатаційних властивостей турбінних олив і інших гідравлічних рідин розглядається сьогодні фахівцями-енергетиками як серйозна загроза безпеці для турбоагрегатів.

Серйозність піднятої проблеми обумовлюється тим, що багато об'єктів енергетики України знаходяться на завершуючому етапі експлуатації і вимагають в зв'язку з цим особливої уваги.

Мета

Аналіз існуючих методів регенерації і очищення енергетичних олив. Дослідження переваг і недоліків існуючих методів.

Теоретичні відомості

Характер зміни якісних показників олив залежить від умов їх застосування. Одні оливи, наприклад індустриальні, працюють в м'яких умовах, що виключають можливість глибоких змін їх фізико-хімічних властивостей, такі, як для двигунів внутрішнього згоряння і компресорні, знаходяться під впливом високих температур або хімічною дією різних речовин, що приводить до глибоких якісних змін.

Для турбінних і трансформаторних олив характерна тривала робота в системах, в деяких випадках тисячі і десятки тисяч годин. При цьому підвищується кислотне число олив і вміст смол, з'являються шлами і т.д.

Отже, робота олив завжди пов'язана з тими або іншими змінами фізико-хімічних властивостей, що обмежують термін їх корисної служби.

Продукти фізико-хімічних перетворень оливи, а також шкідливі домішки, що потрапляють ззовні і що роблять оливу непридатною для подальшої роботи, складають лише незначну частину її загальної маси, і за допомогою яких-небудь методів очищення можуть бути видалені. Після виділення забруднюючих речовин (регенерації) відновлюються первинні властивості оливи і вона, як правило, може бути використана повторно нарівні зі свіжими оливами або в суміші з ними.

Переробка та застосування відпрацьованих олив може здійснюватися за наступними основними напрямками:

1) регенерація відпрацьованих олив з подальшим додаванням в отриману таким чином основу присадок різного функціонального призначення;

2) змішання основи після регенерації з основою, отриманою за звичайною технологією;

3) додавання відпрацьованих олив в сиру нафту і наступне виробництво олив по повній технологічній схемі.

Вибір методу регенерації відпрацьованих олив визначається характером

забруднень і продуктів старіння : для одних олив достатньо простого очищення від механічних домішок, для інших необхідна, глибока переробка, іноді з використанням хімічних реагентів.

Методи регенерації відпрацьованих олив можна розділити на фізичні, фізико-хімічні, хімічні і комбіновані.

Результати аналізу

Пошук і обробка літературних джерел з досліджуваної проблеми на сучасному етапі показує, що жодний з існуючих методів не може повною мірою забезпечити ефективне очищення у всьому діапазоні експлуатаційних чинників.

Розглянемо найпоширеніші з методів (табл 1).

Таблиця 1

Методи регенерації енергетичних олив

Метод регенерації	Переваги	Недоліки
Відстоювання	дешевизна та простота апаратного оформлення	дуже мала швидкість та недостатня очистка олив
Сепарація	процес добре відділяє осад та залишки води	Низька ефективність очищення при зменшенні розміру частинок
Фільтрація	процес добре відділяє осад	Низька ефективність очищення при зменшенні розміру частинок

Однак більшість з представлених методів в одному випадку призводять до утворення інших відходів, а в іншому випадку не можуть бути застосовані самостійно для приготування готової масляної основи для виготовлення товарних олив.

Електроочищення є перспективним, ефективним для отримання особливо чистих гідравлічних рідин, і напрямом, що швидко розвивається.

Для очищення енергетичних олив від механічних частинок, продуктів зносу і води найбільш ефективне застосування спеціальної системи ФОДЖ (фільтр очищення діелектричних рідин).

Перевага установки ФОДЖ полягає і в самих електростатичних фільтрах.

Очищення оливи за допомогою фільтрів дозволяє:

- понизити окислюваність, гідроліз і запобігти розкладанню оливи
- усунути накопичення кислот або істотно понизити їх зміст
- запобігти корозії устаткування
- зменшити знос деталей і вузлів устаткування

захистити масляний фільтр від забивання забруднюючими частинками і передчасного виходу його з ладу

- запобігти зниженню міцності масляної плівки за рахунок її руйнування під дією води і палива

- запобігти змінам в'язкості оливи
 - зменшити окислення оливи, що провокується наявністю в ній частинок шламу і забруднень, які є каталізатором процесів окислення
 - значно збільшити довговічність роботи устаткування і змащувальних систем
 - запобігти спінюванню оливи
 - забезпечити нормальний процес теплообміну і зберегти температурний робочий режим
 - запобігти утворенню високотемпературних і низькотемпературних відкладень, лаку і грізї
 - понизити можливий знос насоса за рахунок кавітації.
- Використання установки ФОДЖ дозволяє:
- своєчасно очищати оливи від забруднюючих частинок і води, що підвищує довговічність устаткування і знижує його простої на ремонт;
 - збільшити інтервали заміни оливи, що скорочує витрати на роботи по зміні оливи;
 - економити засоби на покупку нової свіжої оливи, вартість якої постійно підвищується;
 - зменшити витрати на утилізацію спрацьованої оливи.

А ось при окисленні змащувальних матеріалів, в результаті якого в працюючій оливі утворюються і накопичуються кислоти (водорозчинні низькомолекулярні, а також маслорозчинні високомолекулярні карбонові кислоти) і нейтральні (смоли, асфальтени, карбени, карбоїди) продукти, застосування спеціальної системи ФОДЖ, на жаль, не достатньо.

Електростатичні фільтри не можуть видаляти з оливи продукти окислення. Тому для відновлення властивостей і продовження терміну служби оливи буде потрібно його регенерацію. Процес регенерації відбувається у декілька етапів.

Висновки

Аналіз літератури засвідчує, що жодний з нині існуючих методів очищення і регенерації не може повною мірою забезпечити ефективне очищення. Найбільш ефективним методом є електростатичний, адже саме за допомогою цього методу можливо досягти 7- 9 класу чистоти оливи.

УДК 629.7064.001

Толстих Є. В., Бойченко С. В.
Національний авіаційний університет, Україна

РОЗРОБКА ОЛИВИ КЛАСУ И-Т-Д, ЩО ПРАЦЮЄ В УМОВАХ ПІДВИЩЕНОГО ОБВДНЕННЯ

На прохання одного з найбільших Українських заводів з виробництва підшипників (який входить у корпорацію SKF) була проведена тривала науково-практична робота з розробки масла з унікальними деемульгуючими властивостями, а також стійкістю до взаємодії з водою. При цьому масло повинно було зберігати високу в'язкість і мати гарні протизношувальні й противозадирні

властивості. Під час розробки даного масла нами був вивчений вплив присадок (більше 20 найменувань) на деемульгуючі властивості й стійкість до взаємодії з водою. Одночасно досліджувався вплив антизадирих і противозношувальних присадок на трибологічні властивості масла АРІАН І-Т-Д 220Ф, а також їх вплив на стійкість до взаємодії з водою. Окремо досліджувалися вплив базових масел різного фракційного складу й властивостей, різних виробників (Кременчуцький НПЗ, Ферганський НПЗ, ТОВ "Лукойл-Волгограднафтопереробка", і деяких європейських нафтопереробних заводів) на властивості масла АРІАН І-Т-Д 220Ф.

У результаті тривалих досліджень і випробувань нами був розроблений оптимальний (за ціною і якістю) і унікальний по своїх властивостях склад масла АРІАН І-Т-Д 220Ф.

Основною вимогою, що висувалося до даного масла було: забезпечення високої стійкості до взаємодії з водою й механічними домішками, з метою наступної швидкої регенерації даного продукту. При цьому масло повинне зберігати всі свої вихідні властивості протягом багатьох циклів роботи. Масло АРІАН І-Т-Д 220Ф забезпечило всі основні вимоги й на практиці довело можливість його повторного застосування по прямому призначенню. У результаті використання нашого масла й технології безперервної регенерації був досягнутий ефект що дозволяє заощаджувати до 30% від загальної кількості споживання свіжих масел. Дана технологія особливо ефективна при великій кількості споживання продукту й використовується на багатьох підприємствах, які входять у корпорацию SK

УДК: 662.6/9:678.04

**Бородако П. В., Варламова Н. И.,
Попов И. М., Федоров Е. П., Яновский Л. С.**
ЦИАМ им. П. И. Баранова, Российская Федерация

РАЗРАБОТКА УСТАНОВКИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОТИВОИЗНОСНЫХ СВОЙСТВ РЕАКТИВНЫХ ТОПЛИВ

Введена в эксплуатацию установка УПС-01М, предназначенная для оценки противоизносных свойств реактивных топлив. Установлена корреляционная зависимости между показателями противоизносных свойств реактивных топлив, получаемых при испытаниях на установках УПС-01М и ВОСЛЕ.

В настоящее время ресурсы авиационных газотурбинных двигателей (ГТД) и их топливных агрегатов достигли таких значений, при которых недостаточные противоизносные свойства топлива начинают оказывать сдерживающее влияние на дальнейшее повышение ресурса и надежности ГТД. Несмотря на достигнутые успехи в создании износостойких материалов и в конструировании топливных агрегатов авиационных ГТД, проблема износа узлов трения этих агрегатов остается актуальной.

Увеличение объема производства реактивных топлив, производимых с применением гидрогенизационных процессов (гидроочистки, гидрокрекинга и

др.), которые, как известно, ухудшают противоизносные свойства топлива, усугубляет проблему. В связи с этим в стандарт DEF STAN 91-91/4 (Великобритания) на широко применяемое авиационное топливо Jet A-1 впервые был внесен показатель “противоизносные свойства” с определением этого показателя по методу ASTM 5001 на установке BOCLE.

Согласно методу ASTM 5001, показателем противоизносных свойств топлива служит диаметр пятна износа неподвижного стального шара, скользящего по смоченной испытуемым топливом цилиндрической поверхности насаженного на вращающийся валик стального кольца при постоянном усилии прижатия кольца к шару. Объем испытуемого топлива 50 ± 1 см³, температура 25 ± 1 °C, частота вращения кольца 240 ± 1 об/мин, продолжительность испытания $30 \pm 0,1$ мин.

В российских стандартах на топлива для авиационных ГТД показатель «противоизносные свойства» отсутствует. Опытные образцы реактивных топлив, получаемых из новых нефтей или по измененной технологии, для допуска к производству и применению проходят квалификационные испытания по Комплексу методов квалификационной оценки топлив для авиационных ГТД (КМКО), которым предусмотрено, в частности, определение соответствия их противоизносных свойств установленным нормам. В КМКО включен метод ЦИАМ, по которому производится оценка противоизносных свойств топлива на установке УПС-01.

Методика определения состоит в том, что противоизносные свойства топлива оцениваются по результатам испытания его на узле трения, выполненном в виде металлических вращающегося плоского диска и прижатых к его поверхности трех неподвижных шаров. Диск и шары при скольжении прижимаются с определенной силой. Испытания проводятся при постоянных температуре топлива (60 °C) и скорости скольжения диска по шарам ($1,18$ м/с) на следующих режимах:

а) при постоянном усилии прижатия шаров к диску в течение заданного промежутка времени (30 мин) для определения среднего диаметра пятна износа шаров (режим износа);

б) при линейно нарастающем усилии прижатия до достижения критической нагрузки схватывания, проявляющейся в резком увеличении момента трения (режим схватывания).

Два показателя: средний диаметр пятна износа шаров и критическая нагрузка схватывания – служат для определения обобщенного показателя K , который характеризует противоизносные свойства испытуемого топлива относительно эталонной жидкости, в качестве которой принят пентадекан, очищенный фильтрацией через хроматографическую колонку, заполненную Al_2O_3 .

Обобщенный показатель противоизносных свойств K , %, рассчитывается по формуле:

$$K = (P_m/P_{\text{э}}) \times (D_{\text{э}}/D_m) \times 100, \quad (1)$$

где: K - обобщенный показатель противоизносных свойств, %; P_m , $P_{\text{э}}$ - критическая нагрузка при испытании топлива и пентадекана, кгс соответственно; D_m , $D_{\text{э}}$ - диаметр пятна износа при испытании топлива и пентадекана, мм. Для пентадекана $K = 100\%$.

Метод ЦИАМ в течение многих лет широко использовался для оценки противоизносных свойств как отечественных, так и зарубежных реактивных

топлив, однако этот метод не коррелирован с зарубежным методом ASTM 5001 на установке BOCLE.

К настоящему времени, установка УПС-01 в значительной степени изношена и морально устарела. В связи с этим было принято решение о создании модернизированной установки УПС-01М.

При создании установки УПС-01М было учтено то, что предшествующая установка УПС-01, для определения противоизносных свойств реактивных топлив включена в КМКО топлив для авиационных ГТД, что потребовало сохранить неизменным как узел трения, так и условия, при которых производится определение противоизносных свойств топлива.

На установке УПС-01М использован такой же узел трения, что и на установке УПС-01. Все детали узла трения изготовлены из стали ШХ15 с твердостью 62-66 HRC и являются стандартными изделиями, выпускаемыми отечественной подшипниковой промышленностью. Шары диаметром 25,4 мм с чистотой поверхности не ниже 9 класса; плоский диск является составной частью подшипника № 8108.

Установка УПС-01М оснащена современными контрольно-измерительными и регулирующими приборами, имеет систему автоматического поддержания следующих параметров испытаний:

- температуры топлива в рабочей камере;
- осевой нагрузки на пару трения при определении величины износа;
- скорости скольжения диска по поверхности шаров;
- скорости увеличения осевой нагрузки на пару трения при определении величины критической нагрузки.

Установка УПС-01М имеет более совершенную конструкцию по сравнению с УПС-01 и дает возможность изменять условия трения, варьируя температурой топлива, нагрузкой на узел трения и скоростью скольжения, что позволяет оценивать противоизносные свойства топлив на качественно новом уровне.

Внешний вид установки УПС-01М, представлен на рис. 1. Детали узла трения показаны на рис. 2.

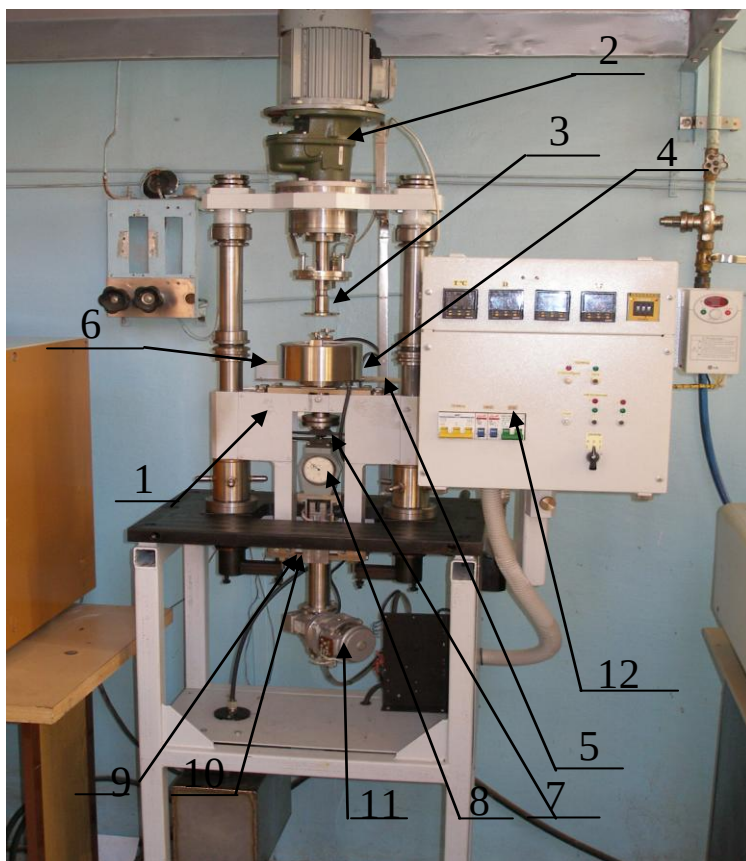


Рис.1. - Установка УПС-01М:

1 – станина; 2 - привод вращения диска; 3 – шпиндель; 4 - рабочая камера;
 5 – фланец; 6- панель датчика момента; 7 – пята; 8 – динамометр; 9 – реверсор;
 10 - механизм нагружения; 11 – привод нагружения; 12 - блок контроля и управления.

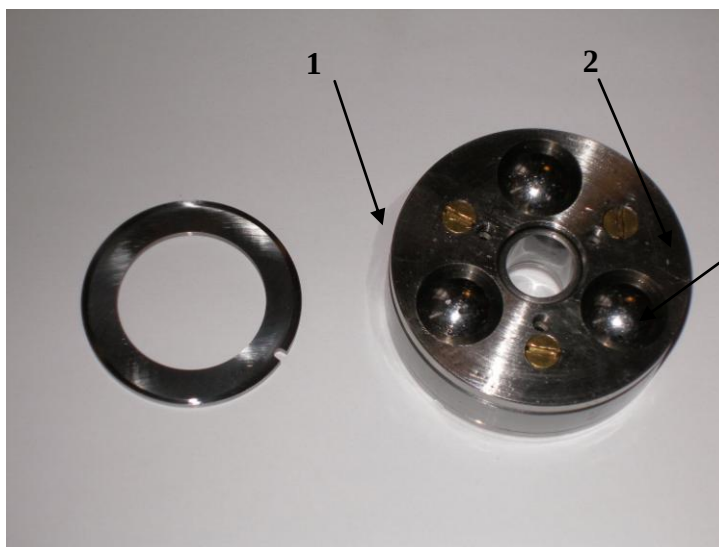


Рис.2 - Узел трения: 1- шайба; 2- обойма; 3- шары.

Условия проведения испытаний на установках УПС-01 и УПС-01М приведены в табл. 1.

Таблица 1

Параметры испытаний противоизносных свойств топлив на установках УПС-01 и УПС-01М

Параметр	Установка	
	УПС-01	УПС-01М
Температура топлива, °C	60 *	60±3
Давление в камере, атм	1,0	
Объем рабочей камеры, дм ³	150	
Материал узла трения	Сталь ШХ 15, HRC=62-64 (шары и диск)	
Испытания на износ:		
- скорость скольжения, м/с	1,18 *	1,18±0,01
- осевая нагрузка, кгс	10 *	10±01
- продолжительность испытания, мин	30	30
Испытания по определению критической нагрузки схватывания:		
- скорость скольжения, м/с	1,18 *	1,18±0,01
- темп. нарастания осевой нагрузки, кгс/с	0,65 *	0,65±0,01
Режим работы установки	Ручной	Автоматический

* Точность поддержания параметра испытаний не оценивалась.

Противоизносные свойства топлив на установке УПС-01М, так же, как и на

УПС-01, оценивались по величине обобщенного показателя противоизносных свойств (K).

Испытания эталонного топлива на установках УПС-01 и УПС-01М, проведенные с целью определения значений коэффициента $D_3 \times 100 / P_3$, входящего в формулу определения обобщенного показателя противоизносных свойств топлива K , показали, что значения этого коэффициента, практически совпадают: 5,44 и 5,43 соответственно (таблица 2).

Таблица 2

Результаты определения противоизносных свойств эталонного топлива на установках УПС-01 и УПС-01М

Топливо	Средние значение пяти параллельных испытаний				Величина 100 D _{3T} /P _{3T}	
	Диаметр пятна износа шаров D, мм		Критическая нагрузка P, кгс		Установка	
	Установка		Установка			
	УПС-01	УПС-01М	УПС-01	УПС-01М	УПС-01	УПС-01М
пентадекан	1,30	1,32	23,9	24,3	5,44	5,43

Данные по сходимости метода (с 95% -ой степенью вероятности) приведены в таблице 3.

Таблица 3

Нормирование сходимости для различных диапазонов значений обобщенного показателя противоизносных свойств

Обобщенный показатель противоизносных свойств, K , %	Допустимое расхождение между параллельными определениями, г, %
До 100	5
От 100 до 150	17
От 150 до 200	21
Свыше 200	25

Установка УПС-01М, предназначенная для оценки противоизносных свойств реактивных топлив, введена в эксплуатацию вместо морально и физически устаревшей установки УПС-01.

Для установления корреляционной зависимости между показателями противоизносных свойств, полученными при испытаниях на установках УПС-01М и ВОСЛЕ, были использованы экспериментальные данные по оценке влияния присадки Hitec 580 на противоизносные свойства топлива JetA-1 с плохими противоизносными свойствами.

В ЦИАМ при определении противоизносных свойств этого топлива по методу КМКО была получена зависимость обобщенного показателя K от концентрации присадки Hitec 580:

$$K = 72,71 + 1,79 \times C, \quad (2)$$

где C – концентрация присадки Hitec 580, ppm

На основании результатов, полученных фирмой-разработчиком присадки Hitec 580 (Ethyl Petroleum Additives Ltd.), была получена следующая зависимость:

$$1/D = 1,27 + 0,024 \times C, \quad (3)$$

где D – диаметр пятна износа, определенный по методу ASTM D 5001, мм

Решая совместно эти два уравнения, получаем:

$$K = 74,58 / D - 22,01 \quad (4)$$

Таким образом, норме, установленной западными стандартами (диаметр пятна износа «не более 0.85 мм»), соответствует значение $K=66\%$. Это значение существенно ниже нормы КМКО, установленной для топлива РТ («не менее 95%») и статистических значений, полученных для топлива ТС-1 (80-149%).

А. М. Ибрагим
Ирак

АНАЛИЗ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ И ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ ИРАКА

Ирак является одним из самых богатых нефтегазоносных стран на Ближнем Востоке, и в будущем он мог бы стать одним из основных производителей нефти в мире. По последним оценкам, показатель Ирака потенциальных резервов на уровне около 150 до 200 миллиардов баррелей нефти и 106 триллионов кубических футов газа. Ирак в первых рядах стран-производителей нефти (иракская нефть считается второй по величине в мире после Саудовской Аравии).

Наибольшая концентрация мега – гигантских месторождений нефти сосредоточена на юго-востоке Ирака. Первая скважина была пробурена в Ираке в 1927 г. в городе Киркук. С тех пор геологи открыли 73 крупные месторождения (10 из них - мега-гиганты и 22-гиганты).

В настоящее время популярная иракская нефть оцениваются примерно в 111,3 млрд. баррелей в разбивке, процент -мудрый, среди провинций страны от минимума 0% для провинции Даждук, Анбар, Бабель и Диоания, а максимум около 59% в г. Басра. Между этими двумя крайностями у нас есть около 12% в Киркуке, 7,6% в Майсане и 4,5% от общего числа в Насирии. Курдистан имеет около 3% от общего числа иракских запасов.

В Ираке есть 530 геологических комплекса, которые содержат огромные запасы нефти. До сих пор 115 мест были раскрыты, их запасы оцениваются примерно в 311 миллиардов баррелей нефти. В оставшихся 415 комплексах предполагают, что находится свыше 215 млрд. баррелей.

Характер Иракских нефтяных месторождений.

Иракских нефтяных месторождений было обнаружено 71. Из них не использовали лишь 27, 10 из которых являются гигантами. Основную часть нефти и газа в настоящее время производят в г. Басра и г. Киркук. А так же в таких городах как Майсан, Багдад, Салахуддин, Дияла и Ниневия.

Большинство нефтяных месторождений в Ираке содержат более 5 млрд баррелей. В приведенной ниже таблице показано распределение месторождений нефти производительностью от южных городов, центра и на севере

Южные месторождения

Основная часть запасов нефти Ирака находится на юге г. Басра. Там находятся 15 месторождений, 10 из которых уже используются в производстве, а 5 все еще в проекте. Эти поля содержат запасы нефти, которые оцениваются более чем в 65 миллиардов баррелей, что составляет 59% от общих запасов нефти Ирака. Запасы нефти в Басре, Майсан и Дикар вместе составляют около восьмидесяти миллиардов баррелей – это 71% от общих запасов Ирака.

Северная Румайла: Румайла (Эр-Румайла, Румейла), англ. *Rumaila* — супергигантское нефтяное месторождение в Ираке.

Маджнун: Маджнун Это супер гигантское месторождение находится в провинции Басра. является одним из богатейших нефтяных месторождений в мире

Нахран омар Западная Курна области

Месторождения нефти Центральной и Северной области

Запасы нефти в Киркуке производят приблизительно 13 миллиардов баррелей, то есть составляет около 12% от общих запасов иракской нефти.

Киркук месторождения: Это пятый по величине поля в мире с точки зрения потенциала

Бай-Хассан Бай-Хассан скважин глубже, чем Киркук поля и глубиной от 1005 сотен метров до 3000 метров.

Полевые Джамбур, Восток Багдад.

Нефтяные месторождения, которые содержат нефть и газ.

Наиболее важные нефтяные месторождения, которые также содержат природный газ :

1. Маджнун	4- Халифаия	7- Балада месторождения
2. Западная Курна	5- Насирии	
3. Нахран омар	6- Алрафдень	

Нефтеперерабатывающие заводы в Ираке

Ирак имеет несколько нефтеперерабатывающих заводов, которые распределяются следующим образом:

- Нефтеперерабатывающие заводы в Северном Ираке

Пейджи НПЗ Компания была основана в 1980 году. Эта компания является гигантом 4 рядов из крупнейших нефтеперерабатывающих предприятий на Ближнем Востоке.

- Нефтеперерабатывающие заводы в центральной части Ирака

НПЗ Ал дорра один из крупнейших нефтеперерабатывающих предприятий, основной деятельности Мидленд НПЗ Компании. Он также контролирует НПЗ Самава. В провинции Дияла в центре Ирака также НПЗ Алонд

- Нефтеперерабатывающие заводы на юге Ирака

Южный НПЗ осуществляет контроль над многими заводами , в частности Алмофтия НПЗ И НПЗ Шуайба.

Заключение

1. Ирак является одной из наиболее известных стран в мире по запасам нефти и производства. Здесь содержится большое количество месторождений нефти и широко распространены в стране с юга на север и с запада на восток.

Изменение типов нефти в Ираке:

На севере - Легкая (светлая) нефть;

В центре и на западе - Тяжелая нефть;

На юге и востоке - Средняя и Легкая нефть.

2. Ирак имеет возможность достичь производство нефти в районе от 5 до 6 миллионов баррелей нефти в сутки в течение относительно короткого периода времени - за счет увеличения числа производства нефтяных месторождений и разработки перспективных центральных полей сектора, таких как Восточный Багдад, Балам и Ахдеб.

А также недавно оценил поля на севере страны, такие, как Хамрин, Саддам, Западный Тикрит и Кормалла.

В настоящее время производство Ирака получается только из 15 развитых областей из возможных 73 открытых месторождений.