

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ» (МГТУ ГА)**

**Кафедра авиатопливообеспечения и ремонта
летательных аппаратов
М.Л. Немчиков**

АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ГСМ

Тексты лекций

Утверждено Редакционно-
издательским советом МГТУ ГА
в качестве учебного пособия

Москва - 2015

УДК 629.7.063.6
ББК 052-082-32
Н 50

Печатается по решению редакционно-издательского совета
Московского государственного технического университета ГА
Рецензенты: д-р техн. наук, проф. Е.А. Коняев (МГТУ ГА);
канд. техн. наук, проф. Н.Е. Сыроедов (ФАУ
«25 институт химмотологии МО РФ»)

Немчиков М.Л.

Н 50 Альтернативные ГСМ: тексты лекций. - М.: МГТУ ГА, 2015.
– 40 с.

ISBN 978-5-86311-984-7

В текстах лекций изложена в сжатой форме доступная информация с целью формирования у студентов целостной и всесторонней картины современного состояния по внедрению альтернативных ГСМ в эксплуатационную практику предприятий ГА в РФ и за рубежом на ближайшую перспективу.

Данные тексты лекций издаются в соответствии с рабочей программой учебной дисциплины «Альтернативные ГСМ» по Учебному плану направления 25.04.01.

Рассмотрены и одобрены на заседаниях кафедры 28.04.15 г.
и методического совета 12.05.15 г.

ББК 052-082-32

Доп. св. тем. план 2015 г.
поз. 53

НЕМЧИКОВ Михаил Львович

АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ГСМ

Тексты лекций

Подписано в печать 20.05.15 г.

Печать офсетная
2,33 усл.печ.л.

Формат 60x84/16
Заказ № 2022/

2,11 уч.-изд. л.
Тираж 100 экз.

Московский государственный технический университет ГА
125993 Москва, Кронштадтский бульвар, д.20
Редакционно-издательский отдел
125493 Москва, ул. Пулковская, д.6а
ISBN 978-5-86311-984-7

© Московский государственный
технический университет ГА, 2015

*Каменный век кончился не от того,
что закончились камни. Нефтяной
век закончится не тогда, когда кончится
нефть, а тогда, когда на рынке ее
откажут покупать.
Современная ближневосточная мудрость.*

1. Введение

Рынок углеводородных ГСМ для различных транспортных средств начал формироваться в конце XIX века. По мере развития и внедрения прогрессивных модификаций двигателей для наземных и воздушных транспортных средств и совершенствования их конструкций и областей использования появились различные марки бензинов, дизельного топлива, а позже и топлив для поршневых и реактивных двигателей, а также целая гамма масел и смазок различного назначения. Сырьевой базой для всех этих продуктов была выбрана нефть, - наиболее дешевый, распространенный и доступный на тот период времени источник сырья. Однако и тогда, ученые и технологи рассматривали варианты применения иных сырьевых ресурсов, в качестве которых пытались применить нефтяное сырье, что было связано как с экономическими, так и политическими причинами.

В данном курсе будут рассмотрены различные варианты использования альтернативного сырья для производства ГСМ.

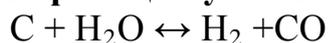
I. Моторные топлива, полученные по технологии Фишера-Тропша

В 1936 году была опубликована статья Ф.Фишера и Г. Тропша «О прямом синтезе нефтяных углеводородов при обыкновенном давлении», в которой сообщалось, что при восстановлении водородом монооксида углерода при атмосферном давлении и присутствии металлических катализаторов (железа, оксида цинка или кобальта) при 270°C получались жидкие и твердые насыщенные углеводороды. Так возник знаменитый синтез Фишера Тропша. Смесь CO и H₂ в различных соотношениях была названа синтез-газом, а непосредственно из угля – прямой гидрогенизацией. В 1908 году Е.Орлов открыл новый вариант проведения этого процесса на катализаторе, состоящим из Ni и Pd, нанесенных на уголь. При этом продуктом реакции стал этилен.

Промышленность искусственного жидкого топлива достигла наибольшего подъема в годы второй мировой войны. Достаточно сказать, что синтетическое топливо почти полностью покрывало потребности Германии в авиационном бензине. После 1945 года это направление почти не развивалось, пока в 1973 году не разразился нефтяной кризис, связанный с резким ростом цен на сырую нефть.

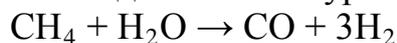
Одновременно появились прогнозы реальной угрозы истощения мировых запасов нефти в обозримом будущем. Это дало новый толчок в создании технологий производства моторных топлив из каменного угля, запасы которого огромны, и его хватит на многие десятилетия потребления. В настоящее время в промышленном масштабе по этой технологии получают бензин, газойль и парафины только в Южной Африке на предприятиях фирмы «Sasol» в объеме 5 миллионов тонн жидких углеводородов.

Газификация угля описывается уравнением:



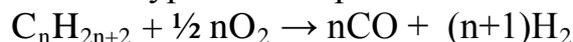
Реакция является эндотермической, и равновесие сдвигается вправо при температурах 900 – 1000°C

Конверсия метана – проводится в присутствии Ni катализаторов (Ni – Al₂O₃) при температурах 800 – 900°C и повышенном давлении по уравнению реакции:



В качестве сырья вместо метана может быть использовано любое углеводородное сырье.

Парциальное окисление углеводородов – процесс заключается в неполном термическом окислении углеводородов при температуре выше 1300°C по уравнению реакции



способ применим к любому углеводородному сырью, но наиболее часто используется в качестве сырья мазут. Соотношение CO:H₂ существенно зависит от применяемого способа получения синтез-газа. При соотношении близко к 1:1, тогда как при конверсии метана соотношение CO:H₂ составляет 1:3. в настоящее время разрабатываются проекты подземной газификации, т.е. газификации угля непосредственно в пласте.

Интересно, что эта идея была высказана Д.И. Менделеевым еще 100 лет назад. В перспективе синтез-газ будут получать не только из угля, но и других источников углерода, вплоть до городских и сельскохозяйственных отходов.[1].

За рубежом с начала XXI века начали тестирование авиационного топлива, изготовленного без использования нефти. По замыслу разработчиков, новое синтетическое авиатопливо позволит значительно сократить затраты авиационного сектора, немалая часть которых приходится на закупку нефтяного топлива.

При этом рассматриваются два вида альтернативного топлива, полученного из угля и природного газа. Экспериментальные энергоресурсы были синтезированы при помощи сложной химической реакции Фишера-Тропша. В ходе этого процесса синтетический газ, полученный путем соединения угарного газа и водорода, превращается в жидкие формы углеводородов. Таким образом, с помощью данного химического процесса синтетический газ превращается в синтетическую нефть.

В качестве пионера, на котором проверялись различные вариации синтетического топлива, стал самолет DC-8, выбранный экспертами NASA благодаря своей незапятнанной репутации. Он должен будет налетать определенные часы на трех видах топлива — 100% синтетическом, «купаже», состоящем на 50% из газового и на 50% из нефтяного горючего и на классическом авиатопливе. В ходе экспериментов специалисты будут сравнивать работу и удельный расход двигателей, расход топлива и количество вредных выбросов. По мнению руководства NASA, по экологической эффективности альтернативное топливо наверняка превзойдет реактивное, ведь от сгорания газа образуется на порядок меньше вредных частиц. Между тем практическое воплощение реакции Фишера-Тропша и производство синтетической нефти в промышленных масштабах ставится под большое сомнение, ведь переработка синтетического газа в жидкое топливо требует строительства специализированных предприятий, что для государства в ситуации финансового кризиса — непозволительная роскошь. Однако если новое топливо будет признано эффективным и экономически выгодным, крупнейшие американские компании могут создать разветвленную сеть подобных перерабатывающих предприятий не на территории США, а в других государствах с дешевыми ресурсами. Несмотря на эти трудности, разработчики экологически чистого и дешевого авиатоплива отмечают, что издержки на строительство заводов с лихвой покроются за счет снижения потребности США в авиакеросине и сокращения затрат на покупку нефти.

2. Газовые топлива

По сравнению с нефтяными, обладают лучшими экологическими показателями. Их потенциальные ресурсы во много раз превосходят ресурсы нефти. Топлива из легких углеводородных газов в настоящее время уже применяются на автомобильном транспорте. Ведутся интенсивные работы по переводу части железнодорожного и авиационного парка на газовые топлива.

Ведутся исследования с целью проверки возможности использования нефтяного газа в авиации. В частности, комплексный анализ, выполненный в ЦИАМ, ЦАГИ и ВНИПИГазпереработка в начале 80-х годов, показал, что для вертолетов оптимальным топливом, получаемым из нефтяного газа, является смесь пропана, бутана, пентана и гексана, получившая в дальнейшем условное название «авиационное сконденсированное топливо» (АСКТ).

АСКТ по многим эксплуатационным показателям превосходит применяемые на вертолетах традиционные авиатоплива. Оно экологически более чистое и менее коррозионно-активное: в нем отсутствуют сернистые соединения, ароматические углеводороды, смолы, асфальтены и другие вредные вещества, присутствующие в авиационных топливах (ТС-1, РТ и др.) АСКТ обладает лучшими пусковыми свойствами по сравнению с массовым авиатопливом ТС-1.

АСКТ по физико-химическим и эксплуатационным свойствам существенно отличается от топлив, получаемых из нефти. Поэтому перевод транспортного средства на АСКТ требует определенной доработки двигателя и летательного аппарата.

По инициативе ЦАГИ и ЦИАМ в 1982 г. было принято решение о технической реализации предложения по использованию топлива, получаемого из нефтяного газа, на вертолете Ми-8Т. В ЛНПО им. В.Я. Климова была проведена доработка двигателя, а в МВЗ им. М.Л. Миля - вертолета. Топливная система была доработана из расчета подачи в камеру сгорания АСКТ в жидком состоянии.

Предварительные стендовые испытания двигателя на сжиженном газе были проведены в ЛНПО им. В.Я. Климова в конце 1985 г. Двигатель испытывался на технологическом бутане, пропан-бутановых смесях, пропане и топливе ТС-1. Было установлено, что основные параметры двигателя при работе на сжиженных газах и топливе ТС-1 практически не отличались от параметров серийного двигателя.

Модернизированный двигатель был установлен на специально подготовленный вертолет Ми-8Т. Первый полет экспериментального вертолета состоялся в конце 1987 г., а в начале 1988 г. были успешно завершены летные испытания.

Исследования, проведенные ЦАГИ, ЦИАМ, ГосНИИГА, НИПИГазпереработка, ОКБ С.В. Ильюшина и А.С. Яковлева, показали возможность, а, главное, эффективность перевода на газовое топливо не только вертолетов, но и самолетов. Причем, такую разновидность газового топлива, как АСКТ-Б (обеспропаненное АСКТ), можно заливать непосредственно в плоские крыльевые топливные баки самолетов местных авиалиний (Ил-114, Як-40) и т.п. до температуры окружающей среды от +5°C и ниже (такие температуры в некоторых районах Сибири и Севера бывают до 10 месяцев в году). Масса дополнительных агрегатов газокеросиновой топливной системы, например, для самолета Ил-114 не превысит ~20 кг.

На разных стадиях разработки и внедрения находятся следующие специально предназначенные для транспорта сорта топлив:

- сжиженный природный газ (СПГ) для поршневых двигателей по ТУ-51-03-85;
- криогенное метановое топливо (КМТ);
- авиационное сконденсированное топливо (АСКТ) по ТУ 39-1547-91.

Сжиженный природный газ (СПГ). Предназначается для использования в двигателях автомобилей, тепловозов, речных судов в соответствии с ТУ 51-03-85 и в авиации (топливо КМТ –криогенное метан). [2]

Топливо по ТУ 51-03-85 изготавливается из природного или глубоко отбензиненного нефтяного газа. Основной компонент в этом топливе метан. По физико-химическим свойствам топливо должно соответствовать требованиям и нормам, приведенным в табл. 2.1. Это топливо без цвета и

запаха относится к криогенным жидкостям с температурой $-168 \dots -150^{\circ}\text{C}$ при атмосферном давлении; плотность $460-480 \text{ кг/м}^3$.

Таблица 2.1

Характеристики топлива из очищенного природного газа (ТУ 51-03-85)

Показатель	Норма
Состав, % (об):	
СН ₄	92 ±6
С ₂ Н ₆	4 ± 3
С ₃ Н ₈ +В	2,5 ±2
Н ₂	1,5±1,5
Содержание сероводорода и меркаптановой серы, % (мас.), не более	0,005
Теплота сгорания низшая при температуре 20оС, кДж/м ³ , не менее	39100

Авиационное сконденсированное топливо (АСКТ). На топливо имеются технические условия ТУ 39-1547-91. Оно представляет собой смесь легких парафиновых углеводородов (пропан, бутан, пентан, гексан с небольшими примесями этана и гептана). АСКТ бесцветная, прозрачная жидкость, кипящая при отрицательных температурах, имеет специфический запах. Основным сырьем для его производства является широкая фракция легких углеводородов (ШФЛУ), получаемая на НПЗ из нефтяного газа. Топливо предназначено для использования в летательных аппаратах с газотурбинными двигателями. По физико-химическим свойствам АСКТ должно соответствовать требованиям и нормам, приведенным в табл. 2.2. Физико-химические свойства АСКТ, отличающие его от керосина, обуславливают принятие специфических мер по обеспечению техники безопасности, пожарной защиты и охраны окружающей среды при его использовании. Однако, учитывая, что свойства АСКТ близки к свойствам углеводородных газов, при его использовании достаточно соблюдать требования, изложенные в «Правилах техники безопасности в газовом хозяйстве», утвержденных Ростехнадзором РФ.

Таблица 2.2

Техническая характеристика АСКТ по ТУ 39-1547-91

Показатель	Норма
Массовое содержание пропана, %, не более	7,2
Давление насыщенных паров при 45°С, МПа (кг/см ²), не более	0,50 (5,0)
Плотность в жидком состоянии при 20°С, кг/м ³ , не менее	585
Теплота сгорания низшая, кДж/кг (ккал/кг), не менее	45200(10800)
Массовая доля сернистых соединений в пересчете на серу, % (мас.), не более	0,002
Содержание механических примесей	отсутствие
Внешний вид	прозрачный, бесцветный

По своим эксплуатационным показателям подобное топливо превосходит авиакеросин. Оно дешевле в два-три раза, и годовая экономия только на стоимости топлива на один вертолет (в России тестировался вертолет на альтернативном топливе) может составить 300 000 долл. и более. А это позволит снизить стоимость авиаперевозок на 20—40%. По своим техническим и экологическим показателям сконденсированное топливо также превосходит обычное топливо, что позволяет на 20—30% увеличить ресурсы двигателей и значительно снизить вредные выбросы. Так что, переход с авиакеросина на газовое топливо принесет обеспечит сущее-ственные выгоды».

Авиационные турбинные двигатели могут работать на различных видах топлива, поэтому первыми кандидатами на апробацию альтернативного горючего являются рейсы на расстояние до 800 км. В большинстве случаев на самолетах этих перевозчиков стоят турбовинтовые двигатели. Их конструкция позволяет существенно увеличить объем заправочных емкостей для работы на более дешевом, но менее энергоемком горючем.

За рубежом в конце нулевых лет нашего века в рамках реализации программы внедрения авиатоплив на природном газе был сделан первый практический шаг. Впервые был совершен полет пассажирского самолета, частично заправленного горючим, произведенным на базе природного газа. Для трехчасового перелета широкофюзеляжного А-380 из британского Фултона в Тулузу во Франции, где расположена штаб-квартира Airbus, один из двигателей (этого потребовали соображения безопасности на данном этапе экспериментов) был заполнен топливом GTL (Gas To Liquids - синтетическое жидкое топливо на основе природного газа), а три других - традиционным керосином. Но и полет аэробуса с использованием GTL можно рассматривать скорее в качестве хотя и достаточно зрелищной, но пока все же символической акции. К тому же главной экологической проблемы этот вид горючего, похоже, не разрешит: по данным Airbus, показатели эмиссии углекислого газа - главного врага климата - у авиатоплива из природного газа точно такие же, как и у традиционного керосина. К тому же производство GTL является пока довольно дорогим. Но эти обстоятельства, похоже, ничуть не смущают производителей.[3].

3. Криогенные топлива.

Разработчики новых поколений двигателей для перспективных летательных аппаратов не исключает также возможность производства двигателей, работающих на охлажденном сжиженном водороде. В то же время необходимы всесторонние исследования для решения многочисленных проблем, связанных с обеспечением альтернативным горючим сверхзвуковых и гиперзвуковых самолетов.

В качестве авиационных криогенных топлив рассматриваются жидкий водород (КВТ), жидкий метан (КМТ) и жидкие углеводороды C₃-C₅ (АСКТ-К). Каждое из этих топлив обладает своими достоинствами и

недостатками, которые в значительной мере определяют область наиболее эффективного и рационального их применения, как на сверхзвуковых ЛА со скоростями полета вплоть до гиперзвуковых, так и на дозвуковых воздушных судах (ВС).

На сегодня уже имеется определенный научный технический задел по созданию ЛА на криогенных топливах (на водороде и метане). Наиболее успешными оказались практические действия в этом направлении АНТК им. А.Н. Туполева и Самарского НТК им. Н.Д. Кузнецова .

Первый в мире полет самолета, использующего в качестве топлива жидкий водород, - самолет Ту-155 с двигателем НК-88 В, оборудованный бортовой криогенной топливной системой, был осуществлен в апреле 1988 г. Через год на этом самолете был совершен полет на сжиженном природном газе (практически на метане). Несколько полетов этого самолета в европейские страны на авиационные выставки подтвердили реальность технических решений, обеспечивающих перспективу широкого развития криогенной авиации. Сравнительная характеристика криогенных топлив представлена в табл. 3.1.

Анализ показывает, что на современном уровне развития авиационной техники, а также наземной инфраструктуры технологически и экономически перспективным направлением следует считать использование криогенных топлив (АСКТ-К), получаемых на базе легких парафиновых углеводородов с низкой температурой кристаллизации (от пропана до гексана).

АСКТ-К представляет собой легкокипящую пожаровзрывоопасную жидкость. С воздухом пары АСКТ-К образуют пожароопасные смеси в пределах 1,5...9,5%(об.). Это топливо по сравнению с авиакеросином менее склонно к самовоспламенению. Температура самовоспламенения АСКТ-К в зависимости от состава может находиться в пределах 350...470°C (у авиакеросинов $t_{\text{си}} = 210...220^\circ\text{C}$).

Таблица 3.1

Примерная сравнительная технико-экономическая характеристика криогенных топлив

Топливо	Нормальное	Криогенное		
	АСКТ (C ₃ -C ₆)	АСКТ-К (C ₃ - C ₅)	КМТ (CH ₄)	КВТ (H ₂)
Рабочая температура, °С	+45...-90 (при p= 0,5 МПа)	-40...-180	-160-180	-253- 259
Диапазон жидкого состояния, ΔT, °С	135	140	20	6
Относительная цена тепловой единицы	0,5...0,6	0,6...0,8	1,2...1,6	10...15
Относительные затраты на сооружение аэропорта	1,3	2	6	>100

По сравнению с авиакеросинами компоненты АСКТ-К обладают более высокой термостабильностью. Они менее агрессивны по сравнению с авиакеросинами по отношению к конструкционным, резинотехническим и уплотнительным материалам.

Накопленный опыт эксплуатации ЛА на АСКТ-К позволит быстрее и с меньшими расходами перейти к эксплуатации ЛА на КМТ и затем на КВТ.

Ожидается, что в посленептяной период существенно возрастет количество наземных и воздушных транспортных средств, оборудованных водородными двигателями. Ближнемагистральные самолеты смогут работать на этаноле или водороде, при этом жидкий водород будет использоваться как топливо для сверхзвуковых воздушных судов.

Жидкий водород является перспективным топливом будущего, но пока еще дорог по сравнению с нефтяным. Однако в связи с неуклонным удорожанием нефти, цена жидкого водорода в перспективе сравняется с ценой нефтяного топлива и даже станет ниже СПГ, значительно дешевле нефтяного топлива и практически полностью может использоваться в качестве авиационного топлива, в то время как для получения нефтяного авиатоплива используется только 6-7% нефти. На Севере СПГ может производиться непосредственно в регионах.

Россия является наиболее подготовленной страной к созданию летательных аппаратов, использующих криогенные топлива. В нашей стране проведен большой объем проектно-конструкторских, научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по этой тематике.

В содружестве с большим количеством смежников удалось провести уникальные исследования по оценке возможных путей развития авиации на альтернативных видах топлива, были разработаны самолетные конструкции криогенных систем, баков, агрегатов и мероприятия по усовершенствованию эксплуатации и предотвращению выбросов паров топлива в атмосферу.

Проведенные исследования подтвердили, что криогенная силовая установка не будет практически отличаться от керосиновой ни по весу, ни по надежности, ни по безопасности и простоте эксплуатации. Несмотря на незначительное финансирование, работы по криогенной тематике в ОАО "Туполев" продолжались и в последние годы. Были разработаны технические предложения на переоборудование ряда новых пассажирских и грузовых самолетов с введением криогенных силовых установок, использующих в качестве топлива СПГ и керосин. Кроме того, ОАО "Туполев" совместно с германской фирмой "Дойче Аэрбас" разработали, проекты криопланов на базе самолетов А-310 и До-328 с использованием только жидкого водорода.

На уровне технических предложений разработаны проекты модифицированных криогенных самолетов Ту-204 (Ту-204К), Ту-334 (Ту-334К), Ту-330 (Ту-330СПГ), нового регионального самолета Ту-136. Кроме того, эти самолеты будут способны одновременно применять альтернативные топлива и авиационный керосин, что делает их более

универсальными и надежными. Наиболее глубоко проработаны модификации самолета Ту-204 (Ту-204К) и проект нового регионального самолета Ту-136, учитывающий особенности криогенного топлива.

Технические предложения на самолет Ту-204К с двигателями ПС-92 разрабатывались на основе технической документации пассажирского самолета Ту-204 с двигателями ПС-90А. Для испытаний двигателя ПС-92, работающего на СПГ, в г. Пермь подготовлен стенд. Благодаря удачному расположению криогенных баков на фюзеляже расчетная топливная экономичность Ту-204К улучшилась на 4-5% по сравнению с базовым самолетом.

Топливная экономичность самолетов Ту-334К и Ту-330СПГ практически не будет отличаться от базовых Ту-334 и Ту-330. Все эти самолеты могут быть переоборудованы под применение СПГ в течение 3-4 лет.

Особое внимание, по нашему мнению, заслуживает проект грузопассажирского регионального криогенного самолета Ту-136 с двумя турбовинтовыми двигателями ТВ7-117СФ, способного при небольших доработках применять СПГ, жидкий водород и пропан-бутановое топливо.

Перспективный самолет Ту-136 взлетной массой в 20 т может перевозить 53 пассажира или до 6 т груза на расстояние до 2200 км со скоростью 550 км/час на высоте около 9 км. Топливная экономичность самолета около 20 г/пасс. км соответствует лучшим мировым самолетам этого класса, а применение СПГ позволит примерно на 30% сократить прямые эксплуатационные расходы. Самолет спроектирован с учетом особенностей криогенного топлива. Он имеет бипланную аэродинамическую схему, логично совмещенную с криогенными топливными баками, конструктивно-силовая схема самолета выполнена с максимальной разгрузкой крыла и фюзеляжа от действия аэродинамических и массовых сил.

Криогенные топливные баки емкостью 3680 кг СПГ располагаются в двух вынесенных гондолах за двигательной установкой. Совмещение миделя бака с миделем мотогондолы, а также сочетание поддерживающих пилонов с общей аэродинамической схемой самолета позволили расположить криогенные топливные баки вне фюзеляжа практически без увеличения аэродинамического сопротивления и усиления крыла. Короткие криогенные баки имеют небольшую массу и не требуют супертеплоизоляции. Вынесенная от пассажирского салона силовая установка значительно повышает безопасность пассажиров и экипажа и упрощает ее экспериментальную отработку. Близость двигателя и криогенных баков снижает вероятность гибели людей в катастрофической ситуации, т. к. вероятность возгорания пролитого топлива из поврежденных баков переводит опасность взрыва образующейся топливо-воздушной смеси к менее разрушительному пожару. Керосин направляется в крыльевые баки как в обычном самолете. Самолет может быть выполнен в варианте использования жидкого водорода и пропан-бутанового топлива без изменения его основных данных. В этом случае в криогенных баках

другой конструкции будет размещено 606 кг жидкого водорода.

Стоимость создания такого самолета будет больше затрат на модернизацию пассажирских самолетов под применение криогенного топлива, однако цена самолета Ту-136 будет в 2,5-4 раза меньше цены модернизированных самолетов Ту-334К и Ту-204К.

Этот фактор может сыграть решающую роль в завоевании рынка ряда регионов. Создать такой самолет при достаточном финансировании можно в течение 4-5 лет, окупаемость затрат произойдет на 4-й год производства при выпуске и продаже около 90 самолетов.

К развитию региональной криогенной авиации относится и переоборудование существующего вертолета Ми-8Т с двигателями ТВ-2-117СФ под применение СПГ. При этом его летно-технические характеристики практически не изменятся. При модернизации вертолета используется опыт компоновки его под применение пропан-бутанового топлива, на котором вертолет успешно испытывался, а также опыт ОАО "Туполев" по созданию криогенной силовой установки самолета Ту-155 и разработки проектов самолетов Ту-156 и Ту-136. В связи с тем, что на самолете Ту-136 и вертолете Ми-8 устанавливаются однотипные двигатели одной российской фирмы, возможна унификация элементов криогенной силовой установки, включая двигательную и самолетную криосистемы, а также конструкции баков и системы взрывопожаробезопасности. Переоборудование вертолета может быть произведено за 2-3 года. Применение СПГ вместо керосина позволит на 25-30% снизить эксплуатационные расходы.[3]

4.Высокоплотные энергонакопители.

Среди других альтернативных путей решения проблемы топлива рассматривается создание высокоплотных энергонакопителей, разработка которых стала возможной благодаря развитию передовых нанотехнологий и изучению явления сверхпроводимости.

Сегодня мы все чаще становимся свидетелями подчас неожиданных, но очень важных открытий в этой сфере. По мнению специалистов, принцип высокотемпературной сверхпроводимости может полностью решить проблему создания высокоплотных энергонакопителей. Энергия, которая сохраняется в высокопроводимом накопителе, может приводить в действие электромотор, с лопастями как у современных авиационных турбовентиляторных двигателей. При этом его мощность приблизительно равна 90% мощности турбинного аналога.

Кроме того, сегодня разрабатываются двигатели, в работе которых применяется эффект флотации для использования в производстве коммерческих самолетов с дозвуковой скоростью. Разработанные в начале XX века физиком-изобретателем Генри Коанда (Henri Coanda), такие двигатели имеют такие же характеристики, как и существующие турбовентиляторные агрегаты. Эффект открыт в 1932 году Анри Коанда.

Заключается в том, что струя жидкости или газа "прилипает" к поверхности, которую обтекает.

5. Авиационные электродвигатели

Самолеты с нетрадиционными авиационными двигателями, которые работают на электроэнергии или на принципе флотации, могут летать на больших высотах (до 20 тысяч метров), так как разреженный и охлажденный воздух является идеальной окружающей средой для их нормальной работы.

Ожидается, что в посленефтяной период существенно возрастет количество наземных транспортных средств, оборудованных электромоторами.

А в будущем гражданская авиация будет нуждаться в намного большем количестве электроэнергии для зарядки высокопроводимых аккумуляторов, систем жидких азотных охладителей, а также систем сжатия и охлаждения водорода.

Как известно наибольший расход топлива самолета происходит во время его взлета. Поэтому уже сегодня руководители больших аэропортов задумываются над тем, как обеспечить необходимым количеством (300-1000 МВт) электроэнергии сверхзвуковые самолеты, осуществляющие межконтинентальные рейсы. И приходят к выводу, что существующие электрогенерирующие системы даже самых развитых стран не смогут удовлетворить потребности будущего энергоэлектрического авиационного флота. Очевидно, что в будущем следует делать ставку на передовые научные разработки альтернативных источников питания. Прежде всего, речь идет о нанотехнологиях и принципах сверхпроводимости.

В результате развития новейших технологий уже в ближайшем будущем появятся новые высокоплотные электрические аккумуляторы. Работа над созданием авиационных электродвигателей для самолетов, летающих на сверхзвуковых скоростях, будет продолжаться очень активно вне зависимости от того, когда конкретно настанет «посленефтяной период». [4]

6. Эндотермические топлива

В настоящее время во многих промышленно развитых странах ведутся интенсивные работы в области гиперзвуковых технологий для создания авиационно-космических транспортных систем и гиперзвуковых самолетов различного назначения. В России проблеме разработки и создания многоразовых космических транспортных систем и гиперзвуковых самолетов посвящена начатая РКА в 1993 году НИЭР «Орел». Среди зарубежных программ необходимо отметить программу ВВС США по гиперзвуковым технологиям (HyTech), рассчитанную на период 1995-2003 г.г. с финансированием на уровне 15-20 млн. долларов в год. Цель этой программы – разработка демонстрационного образца

гиперзвукового воздушно-реактивного двигателя (ГПВРД) на углеводородном топливе для чисел Маха полета $M=4 - 8$. Ближайший объект применения – крылатая ракета большой дальности (> 1500 км) класса «воздух–земля». Хотя эта программа сфокусирована на создание одноразовых систем со временем полета не более 12 мин, она призвана заложить научно-техническую и технологическую базу для разработки гиперзвуковых аппаратов на эндотермическом углеводородном топливе широкого спектра применения: ракеты, самолеты, трансатмосферные аппараты многократного использования. По результатам наземных испытаний в 2003г. в условиях, моделирующих полет при $M=8$, предполагается принять следующую программу демонстрационных полетов. Программа HyTech для чисел $M \leq 12$ тесно скоординирована с деятельностью NASA в области гиперзвуковых технологий жидководородных ВРД для больших чисел Маха полета.

Сущность эффекта применения эндотермических топлив состоит в использовании теплообменников с применением топлива в качестве хладагента для снижения температуры теплонапряженных частей двигателя и ЛА в целом за счет теплосъема при его нагреве (физический хладоресурс) и, дополнительно, протекания эндотермических реакций при его частичном пиролизе (химический хладоресурс). Этот вариант охлаждения заметно снижает температуру перегретых узлов и дает прибавку в теплотах сгорания топливовоздушной смеси в камере сгорания примерно на 20%..

Вопросы применения углеводородных топлив для гиперзвуковых летательных аппаратов (ГЛА) периодически рассматриваются в литературе. Первые работы в этом направлении относятся к 60-ым годам. Затем внимание авиационных специалистов надолго переключилось на проекты, связанные с использованием жидкого водорода в качестве топлива. Однако в настоящее время интерес к углеводородным эндотермическим топливам снова возрос. Сегодня немало специалистов убеждено, что для ГЛА ограниченного размера или малой массы углеводородные топлива являются, по-видимому, единственной возможностью для обеспечения больших скоростей полета.

Энергетические особенности проекта «Аякс». Идеология построения ГЛА по концепции «Аякс» основана на активном энергетическом взаимодействии с обтекающим его воздушным потоком. Это означает, что часть кинетической энергии этого потока, ранее безвозвратно теряемая, преобразуется отдельными бортовыми системами в другие виды полезной используемой энергии.

Другим каналом энергообмена является система активной тепловой защиты. Она представляет собой совокупность рекуперативных теплообменников, размещаемых в наиболее теплонапряженных частях конструкции планера и двигателя, в которых осуществляются различные физические и химические процессы, начиная от элементарного нагрева теплоносителей и кончая эндотермическими каталитическими реакциями.

Одним из теплоносителей и реагентом является углеводородное топливо – авиационный керосин, а источником энергии для проведения физико-химических превращений – утилизируемое тепло аэродинамического нагрева и силовой установки. Таким образом, с точки зрения энергетики, аппараты по концепции «Аякс» более полно, чем другие конструкции, используют первичную энергию, запасенную на борту в виде химической энергии топлива. Рассматриваемая система теплозащиты выполняет не только традиционную функцию, обеспечивая нормальный температурный режим конструкции аппарата, но и служит одновременно системой подготовки нового модифицированного топлива, содержащего молекулярный водород. Это стало возможным благодаря применению на борту ГЛА метода химической регенерации тепла (ХРТ).

Анализ работы различных типов энергетических агрегатов показывает, что эффективность использования органического топлива в них все еще остается низкой, не более 40 %. Объясняется это тем, что в существующих тепловых устройствах преобразование энергии топлива сопровождается большими потерями тепла в окружающую среду через стенки аппаратов, с уходящими газами, а также значительными необратимыми потерями в процессе сжигания самого топлива. В значительной мере указанных потерь можно избежать, утилизируя ранее безвозвратно теряемое тепло в специальных каталитических реакторах – теплообменниках, преобразуя при этом исходное органическое топливо в новое топливо, так называемый синтез-газ (смесь H_2 и CO). Сравнительный термодинамический анализ процессов сжигания первичного и конвертированного топлива показывает, что величина необратимых потерь в последнем случае также меньше. Таким образом, химическая утилизация тепла и сжигание преобразованного топлива приводят к повышению КПД энергетических устройств и экономии топлива. Более того, при сжигании синтез-газа уменьшается количество вредных выбросов в атмосферу. Поэтому рассматриваемый процесс химической регенерации тепла является примером новой энергосберегающей, экологически чистой технологии.

Если в традиционных установках энергия топлива превращается в теплоту в одну стадию путем его непосредственного сжигания, то в установках с ХРТ процесс превращения энергии топлива разбивается на две стадии. Первая стадия – съем тепла с нагреваемой поверхности и проведение эндотермической реакции конверсии исходного топлива. Вторая стадия – сжигание продуктов реакции, т.е. конвертированного топлива, имеющего большую теплотворную способность, по сравнению с исходными реагентами. Применяются и другие технологические приемы, такие как паровая конверсия и использование селективных катализаторов, позволяющих интенсифицировать теплообмен в топливной системе ЛА, снимая большие тепловые потоки в теплонапряженных узлах конструкции. При этом минимизируя, отрицательные эффекты снижения ресурса топливной системы, связанные с закоксовкой теплообменников, входящих в топливную систему таких ЛА. [5].

7. Биотопливо

В настоящее время страны Евросоюза проводят интенсивную работу по использованию возобновляемых источников энергии и, в частности, биотоплива для автомобильного и авиационного транспорта.

Под биотопливом понимается твердое, жидкое или газообразное топливо, получаемое из биомассы растений химическим или биологическим способом. Основу твердого топлива составляют дрова, брикеты, топливные гранулы, щепа, солома, лузга. К жидкому биотопливу относят биоэтанол, биометанол, биобутанол, диметилловый эфир, биодизель.

Газообразными биотопливами являются биогаз, биоводород, метан. Различают три поколения биотоплив (рис.7.1).

Биотопливо первого поколения изготавливают из сахара, крахмала, растительного масла и животного жира, используя традиционные технологии. Основными источниками сырья являются семена или зерна. Например, семена подсолнуха прессуют для получения растительного масла, которое затем может быть использовано в биодизеле. Из пшеницы получают крахмал, после его сбраживания – биоэтанол.

Однако такие источники сырья занимают место в пищевой цепочке людей и животных.

Растительные масла – это жидкие жиры растительного происхождения. Другое название жиров – триглицериды. Триглицерид представляет собой остов глицерина, к которому прикреплены радикалы жирных кислот.

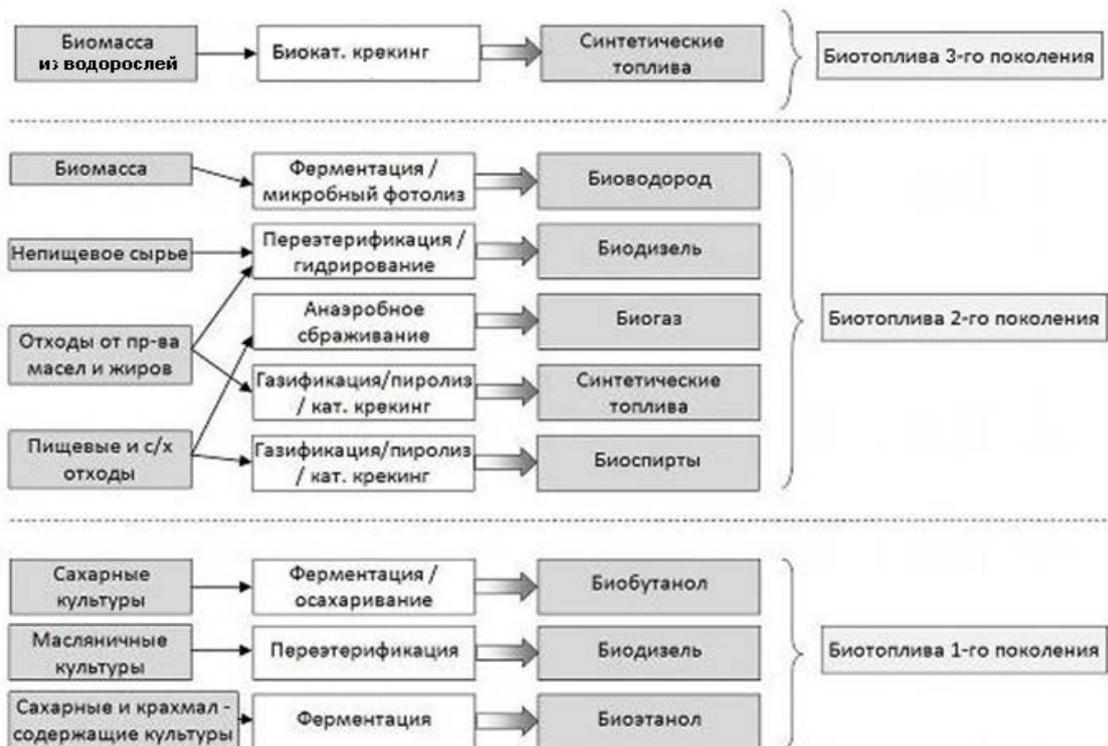
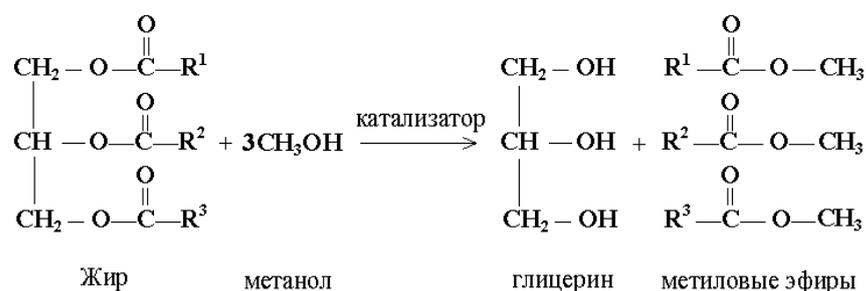


Рис.7.1. Три поколения биотоплив

Растительные масла имеют слишком большую вязкость, которая препятствует их прямому использованию в качестве дизельного топлива. Вязкость и плотность им придает остов глицерина в составе молекул триглицеридов. Если в молекуле триглицерида остов глицерина заместить на более легкий остов этанола или метанола, то будет получен менее вязкий и менее плотный эфир, соответственно этиловый или метиловый. Полученные продукты вполне пригодны для прямого использования в качестве топлива для дизельных автомобилей (биодизеля).

Реакцию обмена глицерина в составе жиров на остовы метила или этила называют переэтерификацией (или трансэтерификацией). В случае реакции с метиловым спиртом уравнение химической реакции будет выглядеть следующим образом:



То есть сложный эфир глицерина (триглицерид) + метанол = сложные эфиры метанола + глицерин.

Реакция переэтерификации идет очень медленно и протекает лишь в присутствии катализатора. В промышленных масштабах в качестве катализатора используются гидроксиды щелочных металлов (NaOH, KOH). Образование эфира как при реакции этерификации, так и при реакции переэтерификации никогда не идет до конца. Глубина переэтерификации при благоприятных условиях достигает 95-96%. Реакция переэтерификации с применением спиртов называется алкоголизом. С увеличением молекулярной массы спирта алкоголиз замедляется. Величина в 95-96% выхода эфира относится к случаю использования метилового спирта. При использовании этилового спирта глубина алкоголиза соответствует примерно 35%. В этой связи, не смотря на то, что этиловый спирт гораздо более экологичен, чем метиловый, именно метиловый спирт находит большее применение. И зарубежные стандарты на биодизель распространяются именно на метиловые эфиры. Таким образом в настоящее время для производства биодизеля используются следующие компоненты: - растительные масла, - метанол, - щелочи (NaOH, KOH).

Биотоплива второго поколения способны увеличить количество выпускаемого экологически устойчивого биотоплива, используя биомассу, состоящую из остаточных непищевых частей растений, таких как стебли, листья, шелуха, оставляемых после извлечения пищевой части. Также

годятся непищевые растения (просо, ятрофа) и производственный мусор: древесная стружка, кожура и мякоть от прессовки фруктов и т.п.

Биотопливо третьего поколения изготавливается из водорослей. Водоросли - дешевое и высокопродуктивное сырье для получения биотоплива. Тем не менее, водорослевое топливо имеет и свои трудности при производстве: необходима большая площадь для выращивания водорослей.

Переработка биомассы водорослей путем биокаталитического крекинга позволяет получать синтетические нефтепродукты очень высокого качества. В результате быстрого биокаткрекинга биомассы водорослей без доступа кислорода образуются твердые, жидкие и газообразные горючие продукты (табл. 7.1.).

Таблица 7.1

Выход топлива при биокаталитическом крекинге

Жидкая фаза, % масс.	Газообразная фаза, % масс.	Кокс, % масс.
80-85	12-17	3-5

Углеводороды жидкой фазы представляют собой набор углеводородов, содержащихся в бензиновой, керосиновой, дизельной фракциях нефти (табл.7.2).

Таблица 7.2

Полученные продукты жидкой фазы синтеза нефти

Бензиновая фракция, % масс.(от жидкой фазы)	Керосиновая фракция, % масс. (от жидкой фазы)	Дизельная фракция, % масс. (от жидкой фазы)
7-10	10-15	75-83

По своим свойствам углеводороды жидкой фазы полностью соответствуют углеводородам аналогичных фракций нефти.

Преимущества и недостатки биотоплив*Преимущества:*

1. Использование возобновляемых сырьевых источников.
2. Эфиры растительных масел подвергаются практически полному биологическому распаду: в почве или в воде микроорганизмы за 28 дней перерабатывают 99% эфиров растительных масел.
3. Низкая стоимость производства вследствие относительно простой технологии и низких энергозатрат.
4. Побочный продукт производства эфиров растительных масел – глицерин, востребован во многих отраслях народного хозяйства.

Недостатки:

1. Высокая адгезия (прилипаемость к стенкам трубопроводов и резервуаров), высокая гигроскопичность.
2. При использовании биодизеля мощность дизельного двигателя снижается на 5-8%.

3. Повышенная вязкость и высокая температура застывания эфиров растительных масел. Ухудшение запуска двигателей при температуре ниже -15°C .
4. Низкая термостабильность и высокая склонность эфиров растительных масел к разложению: биодизель не рекомендуется хранить более трех месяцев. Катализатором процесса разложения эфиров растительных масел является наличие в топливе кислорода, воды, примесей, повышенная температура. Продуктами разложения являются органические кислоты.
5. Метиловые эфиры жирных кислот – химически активные (агрессивные) жидкости. Они вызывают высыхание, затвердение и разрушение резинотехнических изделий, коррозию агрегатов и трубопроводов топливной системы. [2].
6. Повышенное количество углеродистых отложений метилового эфира на поверхности камеры сгорания и закоксовывание сопловых отверстий распылителей форсунок через 100-200 часов работы.
7. Попадание следов биодизеля в авиационный керосин приводит к снижению его термостабильности и в ряде случаев к отказу системы регулирования.

Биодизель – продукты этерификации растительных и животных жиров. Исследования показывают, что биодизель может быть полезен и там, где нет недостатка в нефтепродуктах. Например как добавка к топливам, в отдельных случаях позволяющих заменить более дорогостоящие компоненты в т.ч. противоизносные, депрессорные или антистатические присадки.. в литературе описаны возможности применения ГСМ с биокомпонентами на существующих типах двигателей и установлены допустимые концентрации таких добавок, а также подсчитаны экономические эффекты при их использовании. Но химмотологи только начинают систематически изучать смесевые биодизельные топлива. При этом возникает ряд проблем добавки биокомпонентов в нефтяное топливо. **Содержание серы** в биодизеле зависит от исходного сырья и достигает 0,1%. В этом случае добавка 5% биодизеля в нефтяное топливо означает увеличение в нем содержание серы на 50ppm. Для топлив класса 4 и 5 это недопустимо. за рубежом концентрацию серы в биодизеле ограничивают на уровне 200ppm (Австрия) и 15 ppm (США). В России и странах СНГ этому обстоятельству внимания пока не уделяется.

Воспламеняемость биодизельное топливо характеризуется достаточно высоким цетановым числом (ЦЧ) -55 и выше. Присутствие в нем эфиров непредельных кислот усиливает его окисляемость с образованием гидропероксидов, что должно сказываться на значении ЦЧ. Стабильность этого показателя при хранении смесевых топлив находится под вопросом.его значение может увеличиваться, но исследования в этой области не известны.

Низкотемпературные свойства температура застывания (T_z) эфиров растительных масел в общем случае выше, чем у летнего дизельного топлива. Это ухудшет T_z смесевых топлив. Попытки улучшить этот

показатель за счет введения депрессорных присадок приводили к относительному успеху, лишь при больших концентрациях депрессоров, составляющих десятые доли процента.

Влияние биодизельного топлива на гидроочищенные и негидроочищенные ДТ различно. При его добавке к прямогонным дизельным фракциям с содержанием серы 0,5% значение температур застывания, фильтруемости и помутнения ухудшаются. Тогда как при добавлении названных компонентов к гидроочищенным фракциям при содержании серы порядка 50 ppm, напротив, улучшаются. Объяснение может заключаться в различном масс-молекулярном распределении прошедших и непрошедших гидроочистку топлив.

Влияние биодизеля на масло при эксплуатации двигателя возможно попадание топлива в моторное масло. При разбавлении масла снижается его вязкость и полимеризуются топливные компоненты. Для предотвращения последствий предлагается более частая замена масла и перспективное тонкое покрытие трущихся систем.. попадание биодизеля в различные типы масел (минеральное селективной очистки, синтетическое на основе ПАОМ и гидрокрекинга) показало снижение температуры застывания, плотности и практически не изменяло щелочное число масла и температуры вспышки. Масляные фракции на основе гидрокрекинга практически не претерпевают изменений в результате подобного контакта..

Влияние биодизеля на приемистость смесового топлива к присадкам. В литературе отмечается отрицательное влияние добавок биодизельного топлива на приемистость к депрессорно-диспергирующим присадкам. Влияние на другие присадки не исследовалось.

Влияние на токсичность отработанных газов присутствие в биодизельных топливах кислорода (примерно 10% масс.) позволяет заметно снизить эмиссию отработавшими газами продуктов неполного сгорания топлива. При работе дизеля на стенде и его переводе с дизельного на биодизельное топливо выбросы монооксида углерода и углеводородов снижаются, а оксидов азота и альдегидов – возрастают. В этом отношении биодизель сравним с бензином с окмигенатами, добавляемыми в бензин. Дымность отработавших газов дизельного двигателя в режимах с полной нагрузкой уменьшается во всем диапазоне скоростных режимов работы дизеля, при частичных нагрузках эффект несколько меньше. Также снижается эмиссия полициклических ароматических углеводородов: в два раза по сравнению с работой на дизельном топливе. Таким образом, суммарно дизель, работавший на биодизельном топливе отличается более низкой токсичностью выхлопных газов.[6].

Статистика и практика влияния примесей биотоплив при эксплуатации ВС гражданской авиации РФ и наземного транспорта.

24 мая 2009 года в кабине пилотов самолёта ТУ-204 бортовой № 64046 авиакомпании «Red Wings», следовавшего по маршруту Пермь - Анталия сработала сигнализация о засорении топливных фильтров обоих

двигателей. Экипаж принял решение о выполнении вынужденной посадки в аэропорту «Краснодар», которая прошла благополучно. Менее чем через месяц 18 июня 2009 года произошло аналогичное срабатывание той же сигнализации, теперь уже на самолёте ТУ-204 бортовой № 64047 авиакомпании «Red Wings», выполнявшего полета по маршруту Пермь – Анталия. И на этот раз всё обошлось, посадка в аэропорту «Анталия» прошла благополучно. Оба самолёта были совершенно новые и только поступили в авиакomпанию. Само собой, повторяющиеся события вызвали крайне негативную реакцию руководства Red Wings. Под подозрение попали производители самолётов и двигателей, а также поставщик топлива в аэропорту Пермь. Однако, как позже определили специалисты, в обоих случаях виновником произошедшего был FAME (метиловые эфиры жирных кислот – основные компоненты биотоплив).

В начале марта 2011г. российские СМИ сообщали, что немецкие автолюбители отказываются заправлять свои машины новым бензином E10 – 95-м бензином с 10% добавкой биотоплива. Среди автомобилистов ходят слухи, что у некоторых автомобилей использование нового приводит к проблемам с двигателем и к другим неприятностям. К тому же, новомодное увлечение уже привело к подорожанию продовольствия во всём мире, так как в некоторых странах уже до 30% урожая отдельных культур перерабатывают не в продукты или корма, а в биотопливо. Согласно новым правилам Евросоюза, до 2013 года страны-участницы ЕС должны обязать производителей топлива подмешивать в бензин 5% биоэтанола. Но, одно дело ремонт двигателя автомобиля или подорожавшие продукты, другое – что будет, если биотопливо попадёт в топливную систему воздушного судна. В небе на обочину не свернуть и эвакуатор не вызвать.

Тогда, в 2009 году к работе комиссии по расследованию авиационных событий со срабатыванием сигнализации о засорении топливных фильтров самолётов Ту-204 были привлечены специалисты ЦС авиаГСМ ГосНИИ ГА. Они отобрали пробы из всех топливных баков. Во всех пробах была обнаружена жидкость, окраска которой варьировалась от красно-бурой до желто-оранжевой. Жидкость скапливалась на дне посуды, то есть имела плотность большую, чем керосин. Между керосином и жидкостью присутствовал слой пены. При взбалтывании жидкость и пена легко перемешивались с керосином и легко выпадали в осадок. Маслянистая жидкость легко налипала на стенки бутылок и с трудом смывалась с них. Аналогичные загрязнения мазеобразного характера рыжего цвета были и на топливных фильтрах. Вскрытия крыльевых топливных баков-кессонов также показали, что в них имеются жидкие и мазеобразные загрязнения.

FAME - это метиловые эфиры жирных кислот. FAME представляет собой так называемую биодобавку к дизельному топливу. Дизельное топливо, смешанное с FAME, за рубежом носит наименование биодизельного топлива. В настоящее время в большинстве стран разрешено добавлять в дизельное топливо до 5% FAME. Однако государственные программы по

внедрению FAME предусматривают увеличение содержания FAME в дизельном топливе до 12%. В Европе и Америке производство FAME осуществляется в рамках концепций и программ разработки биотоплива. FAME получают преимущественно из растительного масла путем его обработки метиловым спиртом в присутствии щелочи. Для производства FAME подходит любое растительное масло, животные жиры, любые отходы растительного масла типа отработанного масла из фритюрниц системы фастфуда. Номенклатура товарных марок метиловых эфиров жирных кислот неуклонно расширяется. Многие страны (в первую очередь европейские) уже разработали национальные стандарты на биодизельное топливо.

Однако, как замечают эксперты, в силу особенностей технологии производства FAME этот продукт никогда не удастся получить в чистом виде. В нем всегда присутствуют метанол, глицерин, жиры, щелочи, мыла, вода, механические примеси. Сам по себе FAME является поверхностно активным веществом и содержит в себе поверхностно активные вещества в виде загрязняющих примесей. В первую очередь, в виде мыл. Присутствие поверхностно активных веществ, а значит и FAME с его примесями, в авиационном топливе не допускается (ГОСТ 10227-86 Топлива для реактивных двигателей. Технические условия.)

За рубежом случаи попадания FAME в топливные баки воздушных судов стали происходить всё чаще и чаще. Европейские авиакомпании фактически стали заложниками новых правил ЕС, и проблема FAME уже стала для них огромной головной болью. На конференциях IATA проблеме FAME посвящается как минимум 20-30 % докладов. В Европе и Америке уже издано достаточно много директивных и рекомендательных документов по проблеме FAME. Однако, несмотря на очевидное и подтвержденное негативное влияние FAME на безопасность полетов и техническое состояние воздушных судов, прогнозируется усугубление проблемы загрязнения FAME топливных систем летательных аппаратов, обусловленное наращиванием выпуска и расширением сфер применения FAME.

Но как же FAME попадает в топливные баки воздушных судов? Это происходит в силу того, что биодизельное топливо или FAME в чистом виде поставляется теми же транспортными средствами и по тем же мультипродуктовым трубопроводам, что и авиационный керосин. FAME, как поверхностно активное вещество, обладает повышенной способностью к налипанию на поверхность цистерн и стенок трубопроводов, где затем смешивается с керосином.

Главная опасность FAME в том, что это продукт с коротким жизненным циклом - 3 месяца. После разложения он расслаивается в основном топливе, образуя сгустки плотной каучукоподобной массы. Накапливаясь в ёмкостях для хранения топлива аэропортовых ТЗК или топливных баков ВС такие сгустки попадая в топливопроводы самолётов не только забивают топливные фильтры и топливорегулирующую автоматику, но и

приводят к коррозии баков, коммуникаций и оборудования топливопитания, разрушает резинотехнические изделия. Более того, FAME способен вызвать повышенное нагарообразование в камерах сгорания двигателей. Ну а теперь, вернёмся непосредственно к событиям 2009 года с самолётами Ту-204 и ответим на вопрос: как же FAME попал в их топливные баки? Оба рейса следовали из аэропорта Пермь. Но биотопливо – пока чисто заморское увлечение. в Европе, США, Канаде и ряде других стран производство биодизельного топлива осуществляется в рамках государственных программ. Аналогичные программы по выпуску FAME приняты в Белоруссии и на Украине. Неуклонно нарастает объем коммерческих предложений по поставке минизаводов по производству FAME на территории России и правительством уже подготовлены поручения по проектам использования биотоплива. Так, в середине марта 2011г. на IV конференции Российско-Германского сырьевого форума в Омской области немецкие партнёры заявили о готовности инвестировать средства в аграрно-промышленный комплекс региона с глубокой переработкой зерновых. Основная цель – производство биотоплива и добавок к бензинам.

Но это всё пока только проекты. Наши топливопроводы и ёмкости для хранения и транспортировки топлива пока ещё не «заражены» FAME. И импортом авиакеросина наши компании пока не «балуются». А значит вывод один – «заражение» топливных систем обоих Ту-204 произошло при заправке за пределами России. Однако, это малое утешение, тенденции таковы, что в ближайшие годы мы будем вести войну с FAME уже на своей территории.

В последние годы были разработаны приборы, обеспечивающие эспресс-контроль присутствия FAME в авиационных топливах и определены предельно допустимые нормы присутствия этих компонентов в составе ивиационных топлив. Было установлено, что их концентрация не должна превышать 30 ppm, а при концентрации 100ppm вероятность инцидентов связанных с их присутствием становится близкой к 100%. [7].

Фирма Stanhope Seta разработала и внедрила прибор FIJI для определения метиловых эфиров жирных кислот.

В реактивных топливах согласно DEF STAN 91-91 и ASTM D1655

IP 583, ASTM D7797 "Определение содержания метиловых эфиров жирных кислот в авиационных турбинных топливах методом ИК-Фурье спектроскопии – быстрый оценочный метод"

- Время анализа 20 минут
- Диапазон измерения 20-150 мг/кг
- Лабораторное и мобильное использование
- Полностью автоматический
- Подходит для неподготовленного пользователя
- Не требует промывки растворителями
- Не требует пробоподготовки
- Объем образца 50 мл

- Защищен патентом

Какие типы масел по метиловым эфирам жирных кислот может обнаруживать FIJI?

- Кокосовое
- Горчичное
- Пальмовое
- Рапсовое
- Подсолнечное
- Соевое
- Ятрофа

Принцип измерения – ИК-Фурье

Запатентованный прибор - Fame In Jet Instrument (FIJI) предназначен для быстрого определения метиловых эфиров жирных кислот в авиатопливах на уровне ppm или мг/кг в соответствии с методами IP 583 и ASTM D7767. FIJI уникально использует технологии ИК-Фурье спектроскопии и запатентованную систему пробоподготовки, обеспечивающие точность определения на уровне менее 20 мг/кг.

FIJI может использоваться как стационарный или портативный инструмент, обнаруживающий загрязнение метиловыми эфирами жирных кислот, которое может требовать дальнейшего исследования. Прибор позволяет избежать дорогостоящих анализов и задержек в поставке топлива.

Принцип работы

Аппарат FIJI – простой, надежный полностью автоматический прибор, который может быть использован неподготовленным оператором. Тест требует менее 50 мл образца и занимает меньше 20 минут. Результаты отображаются в мг/кг вместе с пороговым значением загрязнения топлива. Для сравнения классическая процедура анализа занимает несколько часов, с использованием сложного оборудования высококвалифицированным аналитиком.

С помощью уникального модуля пробоподготовки образец прокачивается с заданной скоростью через соответствующий картридж. Компоненты образца спектрально анализируются методом ИК-Фурье спектроскопии и отображаются: результаты в мг/кг и графический спектр.

Система самоочищается без использования растворителей. После каждого теста картридж легко и просто заменяется и прибор готов к следующему измерению.

Для кого предназначен FIJI?

- Аэропорты, трубопроводы, пристани
- Производители топлива
- Терминалы и нефтехранилища
- Лаборатории и инспекторские компании

Внешний вид прибора приведен на рис 7.2



Рис. 7.2 Прибор для определения FAME фирмы Stanhope Seta.

8. Разработка биомасел для авиационной техники

Мировая практика разработки и применения экологически безопасных ГСМ делает актуальной комплексную переработку технических растительных масел из возобновляемого сырья. При этом решаются задачи энергосбережения, экологической безопасности и обновления ассортимента ГСМ. В частности, это касается переработки рапсового и рицинового (касторового) масла в том числе и в виде их смесей с содержанием последнего в их составе от 5 до 25%. Эти два масла наиболее близки по антифрикционным свойствам к традиционным смазывающим материалам, но по трибологическим характеристикам заметно уступают синтетические биомасла от традиционных, что связано с особенностями их молекулярной структуры. Для доведения их эксплуатационных характеристик до требований, предъявляемым к традиционным маркам ГСМ требуется разработать простые и эффективные методы модификации их молекулярных структур, получив в результате качественные и безопасные биосинтетические материалы – компоненты композиционных топлив и масел.

Попытки непосредственного использования растительных масел и обоснования их преимуществ, связанных с их возобновляемостью и экологичностью носят ограниченный характер. Это связано с неблагоприятным фактором связанного с структурой строения триацилглицеридов. Под этим понимается наличие вторичного атома углерода глицерина и высокое содержание двойных связей.. это приводит к резкому снижению величины термостабильности товарных продуктов, приготовленных по такой технологии, что резко отрицательно сказывается в жестких условиях работы узлов трения. При этом такие композиции имеют удовлетворительную вязкостно-температурную характеристику. Сравнительная оценка приведена в таблице 8.1.

Таблица 8.1

Сравнение характеристик традиционных и биосинтетических ГСМ

показатели	Базовые минеральные масла	Базовые синтетические масла			Биосинтетические масла из растительных масел
		Эфиры двухосновных карбоновых кислот	Полиалкилен-гликоли (ПАГ)	Полиальфа-олефины (ПАО)	
1	2	3	4	5	6
текучесть	умеренная	Очень хорошая	хорошая	отличная	хорошая
ВТХ	Удовл.	отличная	хорошая	отличная	отличная
Темп. Застывания	высокая	низкая	низкая	Очень низкая	низкая
Стойкость ко окислению (с ингибиторами)	умеренная	Очень хорошая	Неудовлетв.	Очень хорошая	хорошая
Совместимость с минеральными маслами	-	хорошая	Неудовлетв.	хорошая	отличная
Гидролитическая стабильность	отличная	умеренная	хорошая	хорошая	умеренная
Противокоррозионные свойства	отличные	умеренные	хорошие	хорошие	хорошие
1	2	3	4	5	6
Растворимость присадок	отличная	Очень хорошая	умеренная	Неудовл.	Хорошая
Набухание эластомеров	частичное	умеренное	частичное	частичное	умеренное
Антифрикционные свойства	хорошие	Очень хорошие	Хорошие	умеренные	отличные
Термостабильность	умеренная	хорошая	хорошая	Очень хорошая	хорошая
огнестойкость	Неудовл.	умеренная	умеренная	умеренная	хорошая
Биоразлагаемость.%	20-25	30-40	40-50	20-25	85-90
Стоимость относительно минеральных	1	В 5-7 раз выше	в 3-6 раз выше	В 4-6 раз выше	В 1, 2-2 раза выше

Отдельные случаи использования непереработанного рапсового масла реализовывались либо на уровне полидисперсных композиций с различными функциональными добавками или бинарных систем с присадками. Даже такие комбинации показали их нецелесообразность, с точки зрения улучшения функциональных свойств простых смесей. Режимы эксплуатации узлов трения современной техники становятся все более жесткими. Постоянно возрастают требования к обеспечению долговечности и безопасности и эффективности работы, что, в свою очередь, влечет возрастание требований к качеству смазывающих композиций (СК). Важным направлением улучшения этих характеристик

в СК является обеспечение приемлемого уровня трибологических характеристик базовых масел, которую принято оценивать по величинам дипольных моментов и диэлектрической проницаемости молекул. Высокое значение μ и ϵ биоматериалов на основе растительных масел характеризует уровень их поверхностной активности, обусловлены наличием в их молекулах полярных групп - OH; - CH₂ – O – CH₂ - ; - CH = CH - ; - C(O) – O- Alk и др. именно трибохимическая активность способствует ускоренному формированию стабильных в условиях жестких условиях трения смазывающих пленок между контактирующими поверхностями узлов трения.

Анализ материалов исследований крупнейших зарубежных научных центров по этой тематике, таких как Lubrizol, Shell, Chevron, Mobil показывает масштабный научный интерес к этой проблеме.

Причины несовершенства молекулярных структур растительных масел с точки зрения трибологических и трибохимических принципов обусловлены высокой реакционной способностью молекул в условиях эксплуатации масел. В молекулах растительных масел целесообразно успешно выделить два структурных фрагмента повышенной реакционной способности:

- вторичный атом углерода глицерина, точнее, энергетически слабые химические связи вокруг него – CH₂ – CH – CH₂ -;
- остатки жирных кислот, которые характеризуются высокой ненасыщенностью и легко вступают в химическое взаимодействие, в том числе и нежелательное.

Необходимость целенаправленной модификации структуры растительных молекул полиалкиленоксидов, эфиров двухатомных спиртов и высших жирных кислот (ВЖК). Диэфиров двухосновных кислот. Для их получения используют одно или многоатомные спирты с положением групп - OH только при первичных атомах углерода.

Основная концепция направления в данных исследованиях сводится к разработке систем и методов и технологии комплексного химического модифицирования функционально несовершенной структуры растительных масел с целью создания более совершенной по эксплуатационным свойствам биосинтетических продуктов. Оптимальность фактора строение – функциональные возможности позволяет достичь необходимой поверхностной активности биомасел, которая оценивается очень высокими значениями гидрофильно-липофильного баланса (ГЛБ). Модифицирование молекул биоматериалов повышает способность к химическим реакциям в смазывающем слое в граничной пленке узлов трения, в частности к реакциям олигомеризации, конденсации и комплексообразования.

Среди известных и апробированных методов и технологических процессов модификации структуры растительных масел заслуживает особого внимания процессы первичной переработки масел: метанолиз,

глицеролиз, гликолиз и переэтерификация (рандомизация), которые позволяют полусить ряд полифункциональных промежуточных и целевых биопродуктов для смазочных и полимерных материалов и их композиций. В частности, метиленовые эфиры ВЖК используются в качестве биотоплив. Детальной разработкой технологических процессов в этом направлении занимаются и специалисты из национального университета и национального авиационного университета в Киеве. В частности они успешно апробировали процессы:

Этанол или диэтаноламидирования масел с получением этаноламидов ВЖК как поверхностно-активных биомасел, которые на следующем этапе можно оксиэтилировать с превращением в неионогенные биоПАВ или биомономеры;

Алкоголиз растительных масел с использованием изомерных первичных спиртов с температурой кипения выше 110оС с получением технических биожидкостей с температурой застывания ниже -25...- 40оС

Глицеролиз масел глицерином с получением биомасел с целью их дальнейшей переработки в биомасла-присадки

Гликолиз масел промышленно доступными гликолями, в частности этилен и диэтиленнео-пентилгликолями с получением композиционных базовых биомасел. Трибологические испытания оптимизированных композиций минеральных масел И-20А, И-30А, И-40А, АУ и др. с новыми биомаслами, а также композиций, полученных химическим модифицированием масел показали, что за счет хорошей совместимости обоих типов масел можно значительно улучшить трибохимические и другие эксплуатационные показатели. При этом достигается сбалансированность эмульгирующей и диспергирующей функций биомасел по отношению к поверхности трения, что ведет к модификации ее структуры, благодаря достижению оптимального значения гидрофильнолипофильного баланса как трибохимической характеристики смазывающей среды. Пластифицирующая функция новых биомасел, как и композиции на их основе, проявляется в способности модифицированного поверхностного слоя контактирующих материалов к пластической деформации, снижением сдвиговых усилий и обеспечения за счет этого необходимых противозадирных и противоизносных свойств. Если масляная среда проявляет достаточную химическую активность (как в случае описанных выше рецептур биомасел-присадок) и если масло содержит полярные функциональные группы, то такая среда легко поддается каталитическому влиянию атомов металла и его оксидной пленки, как на активированных поверхностях трения, так и в объеме смазывающей пленки. В результате в масляной пленке протекают трибохимические процессы: сначала хемосорбция, потом взаимодействие (реакции полимеризации, поликонденсации или комплексообразования) с образованием высоковязких коллоидно-стабильных олигомерных продуктов, а также соединений типа π -комплексов металлов на поверхностях узлов трения. Эти и другие продукты способны участвовать в формировании граничных

пленок энергетически стойких поверхностных пленок значительно улучшающих трибологические характеристики узлов трения.

В таблице 8.2 приведены сравнительные функциональные свойства новых биомасел, разработанных в ходе вышеописанных исследований украинских ученых.

Таблица 8.2. Функциональные свойства новых биомасел.

Показатели	Биомасло 1	Биомасло 2
Плотность при температуре 20°С кг/м ³	887	892
Вязкость кинематическая мм ² /с при температуре 40°С	98	102
100°С	13,5	12,0
Индекс вязкости	120	135
Щелочное число мг КОН/г, не менее	7,0	7,5
Температура, °С		
Вспышки в открытом тигле	230-235	235
Застывания, не выше	-32	-28
Цвет, ед. ЦНТ, не более	3,0	1,5
Смазывающие свойства при (20±5)°С и нагрузке 196 Н		
Индекс задира не менее	40	37
Нагрузка критическая, Н	1100	1200
Диаметр пятен износа шариков диаметром 12,7 мм из стали ШХ-15, мм	0,65	0,50

Биомасло 1 синтезировано из смеси рицинового и рапсового масел

Биомасло 2 производное полиэтиленгликоля с биомаслом 1.

Полученные результаты убеждают в перспективности дальнейших работ по разработке технологий целенаправленного модифицирования растительных маслах возобновляемого сырья для получения новых базовых биосинтетических продуктов – компонентов смазывающих композиций с традиционными смазывающими материалами. [8]

9. Атомолет – еще один вариант ВС на альтернативном топливе.

Атомолёт — атмосферное летательное устройство (самолёт) с ядерной силовой установкой. Разработки данного класса летательных аппаратов велись в СССР и США в середине XX века, однако завершены не были, так как решить основные проблемы атомолёта не удалось.

История создания

Один из прототипов реактора в Национальной лаборатории Айдахо

В процессе разработки должны были быть решены следующие инженерно-конструкторские задачи:

- создание компактного и лёгкого ядерного реактора;
- создание лёгкой биологической защиты экипажа;
- создание «чистого» реактивного двигателя на атомной тяге;
- обеспечение безопасности атомолёта в полёте.

В СССР и США проводились лётные испытания самолётов с размещённым на борту ядерным реактором, который не был подключён к двигателям: Ту-95 (Ту-95ЛАЛ) и В-36 (NB-36) соответственно. Лётные испытания

предварялись серией наземных испытаний, в ходе которых изучалось влияние радиоактивного излучения на бортовое оборудование. В СССР работу проводили совместно Лётно-исследовательский институт (ЛИИ) и Институт атомной энергии (ИАЭ). На Ту-95ЛАЛ была проведена серия лётных испытаний с работающим реактором, в ходе которых изучалось управление реактором в полёте и эффективность биологической защиты. В дальнейшем предполагалось создание двигателей, работающих от ЯСУ, однако, по причине остановки программы, такие двигатели не были созданы. Ан-22ПЛЮ — сверхдальний маловысотный самолёт противолодочной обороны с ядерной силовой установкой. Разрабатывался согласно постановлению ЦК КПСС и СМ СССР от 26/10/1965 в ОКБ Антонова на базе Ан-22. Его силовая установка включала разработанный под руководством А. П. Александрова малогабаритный реактор с биозащитой, распределительный узел, систему трубопроводов и специальные ТВД конструкции Н. Д. Кузнецова. На взлёте и посадке использовалось обычное топливо, а в полете работу СУ обеспечивал реактор. Расчётную продолжительность полета определили в 50 ч., а дальность полета — 27 500 км. В 1970 г. Ан-22 № 01-06 был оборудован точечным источником нейтронного излучения мощностью 3 кВт и многослойной защитной перегородкой. Позже, в августе 1972 г., на самолёте № 01-07 установили небольшой атомный реактор в свинцовой оболочке.

Программы разработки атомолётов в США и СССР были закрыты в середине 1960-х годов. Развитие получили более дешёвые технологии: дозаправка в воздухе лишила этот проект преимущества неограниченного полёта, а баллистические ракеты большой дальности и высокой точности — идею большого бомбардировщика.[9].

II. Специальные методы анализа альтернативных топлив.

II.1 Хроматографические методы широко применяются в различных Отрас-лях промышленности и научных исследованиях для анализа смесей газообразных, жидких и твердых веществ, для препаративного выделения соединений и изучения физико-химических свойств газов и растворов. В нефтехимической и газовой промышленности на долю хроматографии приходится 90 % всех выполняемых анализов.

На предприятиях органического синтеза контроль качества сырья, полупродуктов и продуктов производства осуществляется преимущественно с использованием хроматографических методов анализа (до 50 %). Около 30 % анализов по контролю состояния окружающей среды (загазованность воздуха, анализ сточных вод и др.) выполняется газохроматографическими методами. При переходе к применению альтернативных ГСМ этот метод несомненно найдет широкое применение при контроле качества топлив, т.к. их состав несколько проще, чем у

традиционные углеводородных топлив и позволяет с высокой точностью и достоверностью определить их химический состав.

II.1.1 Сущность и особенности хроматографических методов . анализа

Хроматография – это динамический метод разделения и определения веществ, основанный на многократном распределении компонентов между двумя фазами – подвижной и неподвижной. Подвижной фазой может служить жидкость или газ, протекающие под давлением через слой неподвижной фазы.

Неподвижная фаза (сорбент) представляет собой твёрдое пористое вещество с развитой поверхностью или плёнку жидкости, нанесённую на поверхность твёрдого инертного носителя.

При хроматографировании вещество поступает в слой сорбента вместе с потоком подвижной фазы. При этом вещество сорбируется, а затем при контакте со свежими порциями подвижной фазы – десорбируется. Перемещение подвижной фазы происходит непрерывно, поэтому непрерывно происходит сорбция и десорбция вещества. При этом часть вещества находится в неподвижной фазе в сорбированном состоянии, а часть – в подвижной фазе и перемещается вместе с ней. В результате скорость движения вещества оказывается меньше, чем скорость движения подвижной фазы. Чем сильнее сорбируется вещество, тем медленнее оно перемещается. Если хроматографируется смесь веществ, то скорость перемещения каждого из них различна из-за разного сродства к сорбенту, в результате чего вещества разделяются: одни компоненты задерживаются в начале пути, другие продвинулись дальше.

Отличия хроматографии от других методов разделения, основанных на распределении компонентов между фазами:

- сочетание термодинамического (установление равновесия между фазами) и кинетического (движение компонентов с разной скоростью) аспектов;
- многократность повторения элементарных актов (сорбция-десорбция, осаждение-растворение, испарение-растворение, экстракция-реэкстракция) при прохождении подвижной фазы через слой неподвижной;
- динамические условия разделения компонентов.

Эти особенности хроматографического процесса обуславливают большую эффективность хроматографического метода разделения по сравнению с одноступенчатыми методами разделения (сорбция и экстракция в статических условиях).

II.1.2. Классификация хроматографических методов анализа

Хроматографические методы анализа настолько разнообразны, что единой классификации их не существует. Чаще всего используют несколько классификаций, в основу которых положены следующие признаки:

- агрегатное состояние подвижной и неподвижной фаз,
- механизм взаимодействия вещества с сорбентом,
- техника выполнения анализа (способ оформления процесса),
- способ хроматографирования (способ продвижения вещества через . колонку),

II.1.3 Метод газовой хроматографии

Метод газовой хроматографии получил наибольшее распространение, поскольку для него наиболее полно разработаны теория и аппаратурное оформление.

Газовая хроматография – это гибридный метод, позволяющий одновременно проводить и разделение, и определение компонентов смеси.

В качестве подвижной фазы (газа-носителя) используют газы, их смеси или соединения, находящиеся в условиях разделения в газообразном или парообразном состоянии.

В качестве неподвижной фазы используют твёрдые сорбенты (газоадсорбционная хроматография) или жидкость, нанесённую тонким слоем на поверхность инертного носителя (газожидкостная хроматография).

Достоинства газовой хроматографии:

- возможность идентификации и количественного определения индивидуальных компонентов сложных смесей;
- возможность изучения различных свойств веществ и физико-химических взаимодействий в газах, жидкостях и на поверхности твёрдых тел;
- высокая чёткость разделения и быстрота процесса;
- возможность исследования микропроб и автоматической записи результатов;
- возможность анализа широкого круга объектов – от лёгких газов до высокомолекулярных органических соединений;
- возможность выделения чистых веществ в препаративном и промышленном масштабе.

II.1.4 Аппаратура газовой хроматографии.

II.1.4.1 . Принципиальная схема газового хроматографа.

Назначение основных узлов

Блок-схема аналитического лабораторного газового хроматографа представлена на рис II.5.1 .

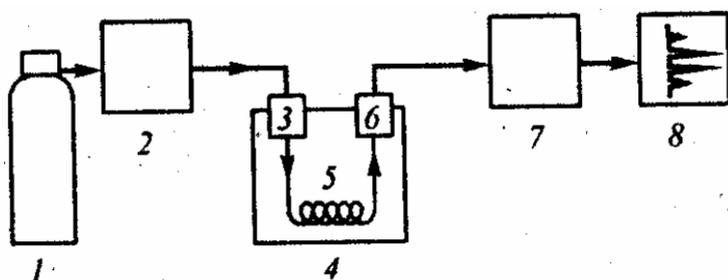


Рис II.1.4.1 . Блок-схема газового хроматографа

1 — баллон с газом-носителем, 2 — блок подготовки газов, 3 — устройство для ввода пробы, 4 — термостат, 5 — хроматографическая колонка, 6 — детектор, 7 — усилитель, 8 — регистратор.

Блок подготовки газов (2) служит для регулировки и поддержания постоянного расхода газа-носителя.

Устройство для ввода пробы (3) позволяет вводить в поток газа-носителя непосредственно перед колонкой определённое количество анализируемой смеси в газообразном состоянии. Оно включает испаритель и дозирующее устройство.

Поток газа-носителя вносит анализируемую пробу в колонку (5), где осуществляется разделение смеси на отдельные составляющие компоненты. Последние в смеси с газом-носителем подаются в детектор (6), который преобразует соответствующие изменения физических или физико-химических свойств смеси компонент–газ-носитель по сравнению с чистым газом-носителем в электрический сигнал. Детектор с соответствующим блоком питания составляет систему детектирования.

Требуемые температурные режимы испарителя, колонки и детектора достигаются помещением их в соответствующие термостаты, управляемые терморегулятором. Если необходимо повышать температуру колонки в процессе анализа, используют программатор температуры. Термостаты и терморегулятор с программатором составляют систему термостатирования, в которую также входит устройство для измерения температуры. Сигнал детектора, преобразованный усилителем, записывается в виде хроматограммы регистратором.

Часто в схему включают электронный интегратор или компьютер для обработки данных.

. Устройства для ввода пробы

Испаритель – это нагреваемый до определённой температуры металлический блок с каналом для ввода и испарения жидкой пробы. В канал подаётся поток предварительно нагретого газа-носителя. С одной стороны канал закрыт прокладкой из термостойкой резины, с другой стороны канала присоединена хроматографическая колонка.

Иглу шприца с анализируемой жидкостью вводят через термостойкое уплотнение в канал испарителя. Введённая проба быстро испаряется и переносится потоком газа-носителя в колонку.

Обычно температура испарителя выбирается равной или на 30–50 оС выше температуры кипения наиболее высококипящих компонентов смеси, чтобы обеспечить быстрое испарение.

Дозирующие устройства (дозаторы) предназначены для введения в колонку определённого количества анализируемой смеси. Они должны соответствовать определенным требованиям:

Состав пробы, вводимой в колонку, должен быть идентичен составу анализируемой смеси.

Величина пробы должна воспроизводиться при многократном введении.

При введении пробы её разбавление газом-носителем должно быть минимальным.

Введение пробы не должно вызывать изменений в режиме работы

хроматографа.

Дозирующие устройства могут быть как встроенными непосредственно в схему хроматографа, так и внешними.

Для дозирования газообразных проб используются краныдозаторы различных конструкций и медицинские шприцы.

Введение жидких проб в колонку производят специальными шприцами через термостойкое резиновое уплотнение испарителя.

Колонка

Материал, из которого изготовлена колонка, не должен быть химически или каталитически активным по отношению к сорбенту и компонентам разделяемой смеси. Обычно колонки изготавливают из стекла, кварца, нержавеющей стали, меди, алюминия и полимеров.

Для аналитической хроматографии форма колонки не имеет существенного значения. Обычно используют спиральные, U- и W-образные колонки. Однако, в препаративной хроматографии при использовании колонок большого диаметра наличие поворотов газового потока резко ухудшает разделение компонентов.

Наиболее распространены насадочные колонки, диаметр которых составляет 3-10 мм, длина – от 0,5 до 5 м. Капиллярные колонки представляют собой трубки диаметром 0,3-0,5 мм и длиной от 20 до 200 м.

При увеличении длины и уменьшении диаметра колонки возрастает её эффективность, но одновременно возрастает и гидравлическое сопротивление. Поэтому выбор размера колонки определяется составом анализируемой смеси, размером пробы, чувствительностью детектора.

Чем меньше разность времён удерживания компонентов смеси и сложнее её состав, тем более длинную колонку следует использовать.

С другой стороны, при анализе несложных смесей, содержащих легко разделяемые компоненты, совершенно нецелесообразно использовать слишком длинную колонку, т. к. при этом увеличивается время анализа.

Эффективность насадочных колонок соответствует 500-10000 теоретическим тарелкам, а капиллярных – до 10⁶ теоретических тарелок.

. Детектор

Детектор – это прибор, позволяющий фиксировать какое-либо физико-химическое свойство смеси газа-носителя с компонентом анализируемой пробы.

Возможности хроматографа в основном определяются характеристиками используемого в нём детектора. Развитие современной газовой хроматографии стало возможным, только благодаря разработке высокочувствительных детекторов.

К детекторам предъявляются следующие требования:

1. Детектор должен обладать высокой чувствительностью – регистрировать даже малые изменения физико-химических свойств подвижной фазы.
2. Величина сигнала детектора должна изменяться пропорционально изменению концентрации определяемого компонента в подвижной фазе.

3. Детектор должен регистрировать определяемые компоненты по возможности мгновенно.
4. Рабочий объём детектора должен быть по возможности наименьшим, чтобы исключить дополнительное размывание пиков.
5. На показания детектора не должны влиять внешние условия: температура, давление и другие параметры хроматографического процесса. Если этого не удаётся достичь, следует поддерживать эти параметры во время анализа постоянными.

В настоящее время наиболее широко применяется пламенно-ионизационный детектор и детектор по теплопроводности.

. Пламенно-ионизационный детектор (ПИД)

Принцип работы ПИД основан на ионизации, происходящей при сгорании за счёт энергии окисления углерода. Схема детектора приведена на рис. П.1.4.2

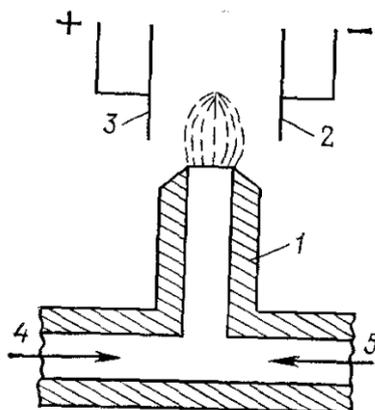


Рис П.1.4.2 . Схема пламенно-ионизационного детектора:
1 – горелка; 2 – электрод; 3 – коллекторный электрод; 4 – элюат;
5 – воздух

Детектор работает следующим образом. Выходящий из колонки газ-носитель смешивается с водородом и поступает к соплу горелки, куда подаётся очищенный воздух. Горение происходит между двумя электродами. На электроды подаётся напряжение 90–300 В, под действием которого движение ионов упорядочивается и возникает ионный ток.

При внесении из колонки анализируемых органических веществ с газом-носителем число ионов в пламени резко увеличивается, сопротивление пламени падает, и во внешней цепи детектора регистрируется возрастание ионного тока.

ПИД – наиболее широко применяемый универсальный детектор. Основные достоинства этого детектора:

- высокая чувствительность к органическим соединениям;
- широкий линейный диапазон;
- малая зависимость показаний от внешних параметров (температуры, давления).

К недостаткам ПИД относится нечувствительность к негорючим веществам. Однако, с другой стороны, отсутствие чувствительности к воде облегчает анализ водных растворов органических соединений.

Детектор по теплопроводности (катарометр)

Принцип работы детектора по теплопроводности (ДТП) основан на изменении электрического сопротивления проводника в зависимости от теплопроводности окружающей среды. Он измеряет различие в теплопроводности чистого газа-носителя и смеси газа-носителя с веществом, выходящим из хроматографической колонки. Поэтому наибольшая чувствительность может быть получена в том случае, когда теплопроводность анализируемого вещества сильно отличается от теплопроводности газа-носителя.

Большинство органических веществ имеют низкую теплопроводность, и для их анализа целесообразно использовать газы-носители с возможно более высокой теплопроводностью – водород и гелий. На практике водород ввиду его взрывоопасности применяется значительно реже гелия, а поскольку гелий – довольно дорогой газ, то нередко в качестве газ-носителей используют азот или аргон. Однако, характеристики ДТП (чувствительность, линейность) при работе с этими газами значительно ухудшаются.

Катарометр представляет собой металлический блок в котором находятся проточные камеры, соединенные с колонками хроматографа. В камерах находятся сопротивления на которые подается напряжение. Через одну камеру катарометра (рабочую) проходит газ-носитель из колонки, через другую (сравнительную) – чистый газ-носитель. Если через обе камеры катарометра проходит газ одинакового состава, то выходной электрический сигнал равен нулю. При изменении состава одного из потоков характер теплоотдачи меняется, в результате электрическое равновесие нарушается и возникает сигнал детектора.

Основными достоинствами ДТП являются:

- универсальность (возможен анализ любых веществ);
- большой уровень выходного сигнала, что не требует специальных усилителей;
- высокая линейность и хорошая воспроизводимость результатов.

Недостатками катарометра являются:

- сравнительно низкая чувствительность (до 10⁻⁴ % объемных) и инерционность, что не позволяет его использовать при работе с капиллярными колонками;
- сильная зависимость показаний от внешних факторов, что требует наличия специального термостата детекторного блока.
- необходимость использования дорогого газа-носителя;

Подбор конкретных условий проведения анализа осуществляется индивидуально для каждого вида измерений.

II.2 Спектральные методы анализа

Среди разнообразных методов изучения строения органических и неорганических соединений, в том числе топлив и масел, важное место занимает метод инфракрасной спектроскопии (ИКС), основанный на поглощении, отражении и рассеивании энергии инфракрасного излучения при прохождении через вещество.

Безусловные преимущества ИК-спектрометрии способствуют активному использованию метода в среднем инфракрасном диапазоне для исследований состава и свойств индивидуальных углеводородов, нефти и нефтепродуктов.

ИК-спектры успешно применяют для исследования фазовых переходов и структуры твердых нефтяных углеводородов, составляющих основу авиационных, в том числе альтернативных ГСМ.

ИК-спектр позволяет более надежно, чем химический анализ, определять функциональные группы, особенно, когда требуется совместно провести качественный и количественный анализы. Ввиду многокомпонентности состава и межмолекулярной структуры нефтяных систем использование ИК-спектрометрии для анализа нефтей и нефтепродуктов обычно сводится к разработке косвенных методик идентификации и определения содержания структурных фрагментов углеводородных и неуглеводородных соединений.

Благодаря применению Фурье-преобразования для спектральных исследований, в том числе в ИК-диапазоне, существенно расширились границы и возможности соответствующих методов.

В последние годы предпринимаются попытки внедрить ИК-спектрометрию для решения вопросов контроля качества нефтепродуктов. Широкое внедрение этих методов в отечественной нефтеперерабатывающей промышленности при явных преимуществах (малое количество пробы, отсутствие вспомогательного оборудования для пробоподготовки, сокращение времени анализа) сдерживается отсутствием методик и дороговизной приборов. Известно небольшое количество методов ASTM, где применяется ИК-спектрометрия, например, для определения содержания метил-трет-бутилового эфира в бензинах, содержания ароматических соединений в бензинах и т.д.

Марки и контроль качества нефтепродукта – одна из актуальных проблем. Под идентификацией понимается распознавание марки нефтепродукта, включая условия несоответствия последнего предъявляемому качеству, а также распознавание примесей (загрязнений), в том числе присадок. Под контролем качества товарных нефтепродуктов понимается определение основных характеристик исследуемого нефтепродукта: октановое число, фракционный состав, степень загрязнения механическими частицами, компонентный состав, наличие воды (для топлива); определение марки основы, состояние присадок и т.п. При организации контроля качества нефтепродуктов действительными являются только арбитражные методы ГОСТ.

Перспективными, с точки зрения организации экспресс-контроля для промежуточных продуктов нефтепереработки, являются портативные спектрометрические приборы и методы, основанные на анализе инфракрасных спектров, в частности, в ближней ИК-области [11].

Литература

1. Э.А. Караханов «Синтез-газ как альтернатива нефти. Процесс Фишера – Тропша и оксо-синтез» Вестник МГУ им. Ломоносова, 1997 с. 69-74
2. Коняев Е.А., Немчиков М.Л.«Авиационные горюче смазочные материалы». РиО МГТУ ГА 2012 г.
3. материалы с сайта [www.vpk-news.ru/sites/default/files/pdf/ VPK_39_557.pdf](http://www.vpk-news.ru/sites/default/files/pdf/VPK_39_557.pdf)
4. материалы с сайта www.privat.aero/avia/alternativnye_vidy_topliva.
5. Корабельников А.В., Куранов А.Л. Рыжиков С.С «Химическая регенерация тепла и преобразование топлива в энергетических установках» Физико-химическая кинетика в газовой динамике 2006-10-12-002.
6. Химмотологические проблемы биодизельных топлив. Е.Б. Шевченко Технология нефти и газа №5 2014 с.8-9
7. ГА Тимошенко А.Н., Урявин СП., Козлов А.Н. материалы конференции «Рынок авиатоплива России: вопросы ценообразования и демонополизации», 17-18 марта 2011 года.
8. В.И. Кириченко, С.В. Бойченко, В.В. Кириченко «Химмотологические аспекты получения экологически безопасных компонентов топлив и смазочных материалов из возобновляемого сырья» Технология нефти и газа №5 2014 г с.16-23.
9. Материалы сайта www.nkj.ru/archive/articles/14137/ (Наука и жизнь, ЯДЕРНАЯ ЖАР-ПТИЦА)
10. А.Е. Соколовский, Н.А. Коваленко, Г.Н. Супиченко, Е.В. Радион «Хроматографические методы анализа» Методические указания по разделу курса «Аналитическая химия и физико-химические методы анализа» для студентов химико-технологических специальностей. Белорусский Государственный технологический университет Минск 2002
11. Л.В. Иванова, Р.З. Сафиева, В.Н. Кошелев «ИК спектрометрия в анализе нефти и нефтепродуктов» Вестник Башкирского университета 2008, т.13,№4, с.869-874.

Содержание

Введение	3
I. Моторные топлива, полученные по технологии Фишера-Тропша.....	3
2. Газовые топлива.....	5
3. Криогенные топлива.....	8
4. Высокотплотные энергонакопители.....	12
5. Авиационные электродвигатели.....	13
6. Эндотермические топлива.....	13
7. Биотопливо.....	16
8. Разработка биомасел для авиационной техники.....	25
9. Атомолет – еще один вариант ВС на альтернативном топливе.....	29
II. Специальные методы анализа альтернативных топлив.....	30
II.1 Хроматографические методы.....	30
II.1.1 Сущность и особенности хроматографических методов анализа.....	31
II.1.2. Классификация хроматографических методов анализа...	31
II.1.3 Метод газовой хроматографии.....	32
II.1.4 Аппаратура газовой хроматографии.....	32
II.2 Спектральные методы анализа.....	37
Литература.....	39