

НКАП — СССР

ЦЕНТРАЛЬНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
АВИАЦИОННОГО МОТОРОСТРОЕНИЯ
имени П. И. Баранова

ТРУДЫ ЦИАМ

№ 56

1. СОРТА И КАЧЕСТВО АВИАЦИОННЫХ ТОПЛИВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В СССР И США

Д. Я. КОЛОМАЦКИЙ

2. ПРИМЕНЕНИЕ ИМПОРТНЫХ И СОВЕТСКИХ МАСЕЛ НА АВИАМОТОРАХ

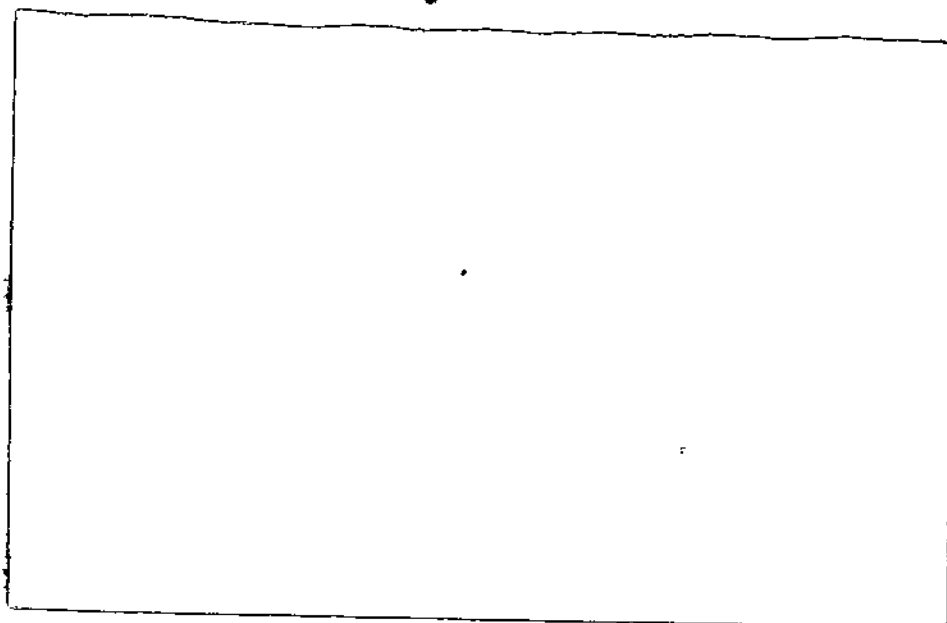
Д. Я. КОЛОМАЦКИЙ, Л. В. ЖИРНОВА

Республиканская
научно-техническая
библиотека

НКАП
ОБОРОНГИЗ

1943

489



Редактор *М. С. Румянцева*

Г250431. Подписано в печать 31/VII 1943 г. Печ. л. 1 1/2.
Уч.-авт. л. 2. Фил. зн. в печ. л. 53500. Цена 1 р. 50 к.
Зак. 397/7475.

Московская типография Оборонгиза

СОРТА И КАЧЕСТВО АВИАЦИОННЫХ ТОПЛИВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В СССР И США

Д. Я. Коломацкий

А. ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Применение на вооружении ВВС КА двигателей с самыми разнообразными данными потребовало использования в частях ВВС КА довольно значительного ассортимента авиатоплив и масел. Для правильной эксплуатации современных авиамашин и обеспечения их надежной работы необходимо знать качества этих продуктов.

К современным авиатопливам предъявляются большие требования. Необходимо, чтобы авиатопливо было высококалорийным и обеспечивало развитие требуемой мощности у двигателей при минимальных расходах. Топливо должно обладать способностью хорошо и полностью испаряться в карбюраторах мотора, обеспечивая легкий запуск и быстрый переход с одного режима на другой; не должно содержать значительных количеств кислых и сернистых соединений, могущих вызвать коррозию деталей мотора; должно быть чистым и не содержать механических примесей и воды; иметь низкую температуру замерзания; легко воспламеняться от искры и пр. Кроме того, топливо должно быть физически однородным и химически стабильным. Особенно необходимо, чтобы авиатопливо обладало умеренной скоростью распространения пламени (~15—30 м/сек) и нормально сгорало в цилиндрах двигателя.

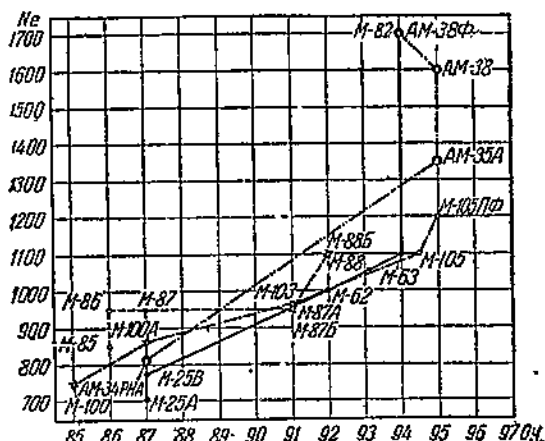
Подбор авиатоплив, удовлетворяющих перечисленным требованиям, никогда не вызывал особенных затруднений за исключением требования о характере и скорости сгорания топлива. Появление современных мощных авиамоторов сильно затруднило этот подбор. В известных условиях (в двигателях с повышенной степенью сжатия или наддувом и пр.) сгорание топлива может принимать взрывной, детонационный характер, который вызывает падение мощности, перегрев двигателя и, в конце концов, аварию.

Для оценки антидетонационных свойств топлива в настоящее время пользуются так называемыми октановыми числами (о. ч.).

Кривые, изображенные на фиг. 1, показывают, как изменялись и росли требования, предъявляемые к антидетонационным свойствам авиатоплив в зависимости от повышения мощности некоторых наших отечественных авиадвигателей, достигаемого увеличением степени сжатия, наддува и прочими факторами.

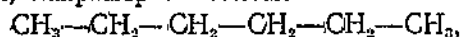
Наиболее подходящими продуктами в качестве топлива для авиамоторов, лучше других удовлетворяющими всем основным требованиям моторов, оказались легкие бензиновые фракции, получаемые либо непосредственно из нефтей (прямой перегонкой), либо искусственно. Эти фракции представляют собою не индивидуальные вещества, но смеси их, состоящие почти исключительно из углеводоро-

дов самого разнообразного строения и характера. По составу их можно отнести в основном к двум классам: классу парафиновых (или метановых) углеводородов и классу наftenовых. В относительно

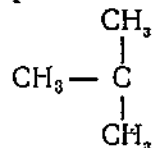


Фиг. 1. Изменения октановых чисел топлив для различных модификаций авиамоторов.

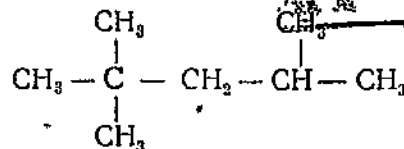
небольших количествах (около 1—5%) в авиабензинах содержатся также непредельные и ароматические углеводороды¹. В числе метановых углеводородов, наряду с углеводородами нормального строения, например гексаном:



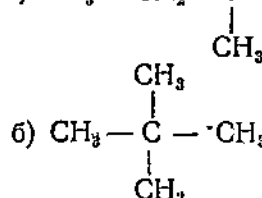
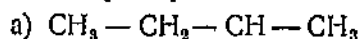
в авиабензинах содержатся также углеводороды, обладающие разветвленной структурой (изостроением), например изогексан



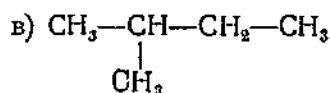
изооктан



причем некоторые углеводороды имеют несколько изомеров, например изопентан:



¹ Конечно, если их в эти бензины не добавляют специально или если они не получены искусственным путем (крекинг-процесс, риформинг-процесс).



а каждый из них обладает индивидуальными свойствами.

В табл. 1 приведены некоторые данные о физико-химических свойствах индивидуальных углеводородов нормального строения и изостроения.

гобекского и вознесенского бензинов) главным образом нормального строения.

Кроме бензинов, некоторые иногда довольно широкое применение находят так называемые ароматические продукты — бензол, пиробензол, алкилбензолы; спирты — этиловый или иногда метиловый; кетоны — ацетон, метилэтилкетон и пр.; эфиры — изопропиловый эфир и др. Все перечисленные ве-

Таблица 1

Физико-химические свойства органических соединений

Группа углеводородов	Вещество	Удельный вес	Температура кипения, °C	Температура замерзания, °C	Упругость пара по Рейду, мм рт.ст.	Теплотворная способность (высшая)	Октановое число по моторному методу
Парафины	Этан	0,446 (при 0° и 23 ат)	—93	—172	50 ат (—34° C)	12348	104
	Бутан	0,600 (при 0° C)	+1	—135	2550 (30° C)	11848	92
	Пентан	0,6475 (при 0° C)	+36,3	—130	610,9 (30° C)	11551	61
	Гексан	0,6771 (при 0° C)	+68	—95,4	185,4 (30° C)	11490	25
	Гептан	0,730	+91	—91	140,9 (50° C)	11374	0
	Октан	0,7188 (при 0° C)	+125,6	—56,9	18,4 (30° C)	11408	—17
Изопарафины	Изопентан	0,625 (при 15,5° C)	+27,8	—160	1054,9	11620	90
	Изогексан (неогексан)	0,6488 (при 20° C)	+49,6	—	491	—	96
	Изооктан	0,6946 (при 15,5° C)	+99,4	—110	113,7	11450	100
Ароматические	Бензол	0,8805 (при 15,5° C)	+80	+5,5	181	10037	108
	Толуол	0,8718 (при 15,5° C)	+110,5	—95	50 (36,3° C)	10167	104
	Ксилол	0,8708 (при 15,5° C)	+140,5	—26	8,5 (30° C)	10277	100
	Этилбензол	0,8708 (при 15,5° C)	+136	—95	12,5 (30° C)	10296	96
Нафтеновые	Циклопентан	0,750 (при 15° C)	+49,5	—93,3	—	11175	83
	Метилциклопентан	0,7533 (при 15° C)	+72	—140,5	—	11149	82
	Циклогексан	0,7791 (при 20° C)	+80,7	+6,5	121 (35° C)	11164	77
	Метилциклогексан	0,7773 (при 15,5° C)	+100,4	—126	—	11124	71
	Этилциклогексан	0,7840 (при 20° C)	—	—	—	—	41
Спирты	Этиловый	0,7923 (при 15,5° C)	+78,3	—120	78,4 (30° C)	7068	99
	Изопропиловый	0,7286 (при 15° C)	+67,8	—90	—	—	—
	Бутиловый третичный	0,7923	+35	—	—	8491	100
Эфиры	Этиловый	0,731	+35,6	—117,6	644 (30° C)	8907	—
Кетоны	Ацетон	0,7945 (при 15,5° C)	+57,2	—95	281 (30° C)	7556	100
	Метилэтилкетон	0,816 (при 20° C)	+80	—86	—	8079	100
	Метилпропилкетон	0,818 (при 20° C)	+102	—	—	—	—
	Диэтилкетон	0,821 (при 20° C)	+101	—	—	—	—

Из таблицы видно, что наиболее ценными составляющими авиабензинов являются изопарафиновые углеводороды, нафтеновые и ароматические как обладающие наивысшей стойкостью к детонации.

В табл. 2 приведены данные о групповом химическом составе советских авиабензинов, добываемых из различных нефтей.

Из таблицы видно, что наши бакинские авиабензины, которыми в основном и снабжается наша авиация, состоят преимущественно из нафтеновых углеводородов (нафтенометанового основания). Бензины из ишимбаевских нефтей, трозненских (малгобекская, вознесенская и др.), наоборот, больше метанового (парафинового) основания, причем, судя по плохой стойкости их к детонации, парафиновые углеводороды у них (за исключением мал-

щества представляют собою жидкости, выкипающие в узких пределах температуры или даже при одной температуре (см. табл. 3). Они обладают высокими антидетонационными свойствами, но не отвечают по тем или иным причинам (главным образом по причине малой калорийности) всей совокупности требований, предъявляемых к авиационным топливам. Поэтому они никогда не применяются в чистом виде самостоятельно и используются только в некоторых случаях, преимущественно для улучшения антидетонационных свойств бензинов.

Еще совсем недавно нефтяные бензины полностью удовлетворяли всем требованиям на авиатопливо. Сейчас, в связи с появлением в авиации более мощных форсированных по степени сжатия и особенно по наддуву моторов, бензины как авиа-

топливо по своим антидетонационным свойствам перестали удовлетворять современные авиадвигатели.

топливо с октановым числом 100 и выше. Рост современного авиадвигателестроения потребовал от нефтяной и других отраслей промышленности изы-

Таблица 2

Групповой химсостав советских авиабензинов, добываемых из различных нефтей

Исходный продукт	Удельный вес	Начало кипения °C	Содержание (%) фракций, кипящих до 100°C	Конец кипения °C	Содержание углеводородов (%)				
					ароматических	нафтеновых	парафиновых	о. ч.	
Бензины из бакинских нефтей									
Отборная сураханская нефть	0,7510	87	30	140	1,0	76,5	22,5	74	
Локбатанская нефть	0,736	72	30	150	3,0	56,7	40,3	70	
Калинская (верхнего отдела) нефть	0,746	78	30	160	0,4	68,0	31,6	72	
Бензины из грозненских нефтей									
Грозненская беспарафиновая нефть	0,723	—	76	128	8	36	56	64	
Грозненская парафинистая нефть	0,710	52	65	128	4	29	67	59	
Вознесенская нефть	0,721	89	30	124	2,5	26	72	79	
Малгобекская тяжелая нефть	0,711	60	66	139	1,9	14	84	82	
Бензины из майкопских и эмбенских нефтей									
Майкопская легкая нефть	0,720	84	43	114	9,4	35,2	55,4	62	
Майкопская тяжелая нефть	0,723	60	54	141	2,0	51,0	46	75	
Косчагильская нефть	0,744	62	49	134	22,0	72	25	76	

Таблица 3

Физико-химические свойства высокооктановых компонентов

Наименование компонентов	Удельный вес	Фракционный состав по Энглеру		Октановое число		Теплотворная способность кал/г	
		начало кипения °С	начало кипения °С	без этиловой жидкости	с этиловой жидкостью		
Спирты							
Этиловый	При 15,5°С 0,7923	78,3	78,3	99	—	7068	
Изопропиловый	При 15,5°С 0,7286	67,8	67,8	—	—	7971	
Бутиловый третичный	При 20°С 0,7890	35	35	100	—	8491	
Эфиры							
Этиловый	0,731	35,6	35,6	—	—	8907	
Изопропиловый	0,715	68	68	100	>100	8500	
Кетоны							
Ацетон	При 15,5°С 0,7945	57,2	57,2	100	—	7556	
Метилэтилкетон	При 20°С 0,8160	80	80	100	—	8079	
Ароматики							
Бензол	0,8805	80	80	108	—	10037	
Пиробензол	0,8510	74,0	182	88	с 4 см³ 93	~10080	
Этилбензол	0,8708	136,5	136,5	96		—	10296
П-пропилбензол	0,8617	P=754 158	158	—		—	10380
Изопропилбензол	0,8620	153,4	153,4	—		—	10400
Третичный бутилбензол	0,8671	184	184	—		—	10427

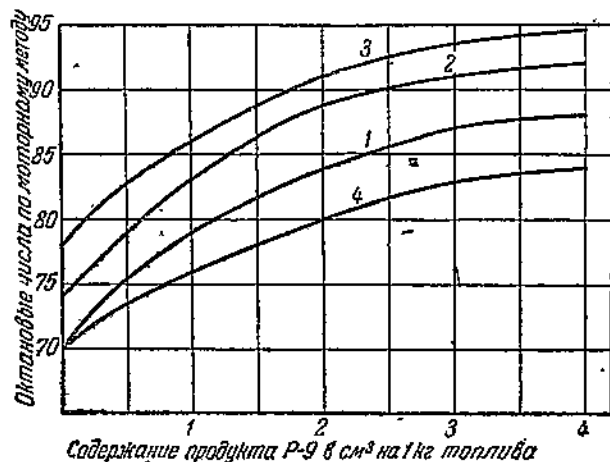
Октановые числа даже наилучших сортов авиабензинов, получаемых из наиболее качественных нефтей, не превышают 80 единиц; при этом ресурсы таких нефтей весьма ограничены. В основной своей массе октановые числа авиабензинов находятся в пределах 60—70 пунктов, в то время как для обеспечения надежной работы современных авиадвигателей требуются авиатоплива, октановые числа которых должны находиться в пределах 91—95 пунктов. В самое последнее время в СССР и в США, а также в Англии появились двигатели, требующие

скания способов повышения антидетонационных свойств бензинов и производства авиатоплив с необходимыми качествами.

Результаты организованных в связи с этим многочисленных исследований не замедлили сказаться. Еще в 1922 г. Миджлей открыл тетраэтилсвинец (ТЭС), прибавлением которого в незначительных количествах (около 0,5%) к авиатопливу можно значительно улучшать их антидетонационные свойства. Хотя с тех пор поиски более эффективных антидетонаторов продолжались и сейчас продол-

жаются с неослабевающей энергией, однако новых антидетонаторов, не только более эффективных, но даже и равноценных по своей силе ТЭС пока еще не найдено. ТЭС завоевал себе прочное место во всем мире, являясь единственным антидетонатором, применяемым в авиации всех стран.

С помощью ТЭС или, вернее, этиловой жидкости¹ октановые числа бензинов можно повысить на 12—20 единиц, в зависимости от их химического состава. Октановые числа различных советских бензинов с добавками этиловой жидкости показаны на фиг. 2. На фигуре наглядно показано повышение октановых чисел, достигаемое прибавлением различных количеств антидетонатора — этиловой жидкости.



Фиг. 2. Октановые числа отечественных бензинов в зависимости от содержания продукта Р-9.

1—бензины Б-70 и РБ-70; 2—бензин Б-74; 3—бензин Б-78; 4—авиакрекинг-бензин Б-70.

Несмотря на довольно значительное повышение октановых чисел, которое получается в результате введения в бензины этиловой жидкости, возможности ее все же ограничены. Прежде всего, эффективность действия этиловой жидкости по мере увеличения ее количества в бензинах уменьшается и после добавления 4 см³ на 1 кг топлива становится уже ничтожной. Кроме того, повышенное содержание в бензине этиловой жидкости (свыше 4 см³ на каждый килограмм топлива) делается уже вред-

ным для мотора вследствие появления большого количества свинцовистых осадков на клапанах, в камере сгорания, на поршнях и на свечах.

Практически, добавляя в нефтяные бензины максимально возможное количество этиловой жидкости, можно как максимум достигнуть 87—91 единиц октанового числа. Только для самых лучших бензинов октановое число их можно поднять до 94—95 пунктов добавлением этиловой жидкости. Однако, как уже отмечалось, ресурсы таких бензинов весьма ограничены.

Б. ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В США ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВЫСОКООКТАНОВЫХ ТОПЛИВ

В связи со сказанным выше в США, где раньше, чем в других странах, в авиации стали появляться двигатели, требующие высокооктановых топлив, были разработаны и предложены новые способы дальнейшего улучшения антидетонационных свойств топлива, с помощью которых октановое число даже сравнительно малооктановых бензинов можно поднимать до 95—100 и выше. Основным из этих способов, получившим сейчас в США самое широкое признание и распространение, оказался метод улучшения химсостава авиабензинов путем введения в них так называемых высокооктановых компонентов.

Добавляя от 30 до 50% этих компонентов, обладающих в чистом виде высокими октановыми числами порядка 90—95 пунктов, к нефтяным так называемым «базовым» бензинам, имеющимся в больших количествах, но обычно низкооктановым (о. ч. 40—60), повышают октановые числа последних до 78—80 пунктов. Прибавляя к такой топливной смеси этиловую жидкость (2—3 см³ на 1 кг топлива), получают авиатоплива с о. ч. 95—100 и даже выше.

Широкое применение этого метода стало возможным после того, как в США были разработаны и внедрены промышленные процессы получения изопарафиновых углеводородов — технических изоктана, изогексана (неогексан) и изооптана.

В табл. 4 приведены октановые числа, удельный вес и фракционный состав технических изопарафи-

Таблица 4

Физико-химические свойства высокооктановых компонентов парафинового основания

Наименование компонентов	Удельный вес при 20°C	Фракционный состав				Октановое число компонента				Калорийность ккал/г
		начало кипения	50%	90%	конец кипения	без ТЭС	с 1 см³ Р-9	с 2 см³ Р-9	с 3 см³ Р-9	
Изооктан	0,7085	77	108,5	125	173	94,3	99,0	>100	>100	11450
Изооптан	При 15,5°C 0,6250	27,8	—	—	—	90,0	—	—	—	11620
Неогексан	0,6520	46,5	49,1	51,0	55,0	90,3	100	>100	>100	11400
Алкилбензин	0,7051	54,0	104,5	132,5	174,0	90,3	100	>100	>100	11425

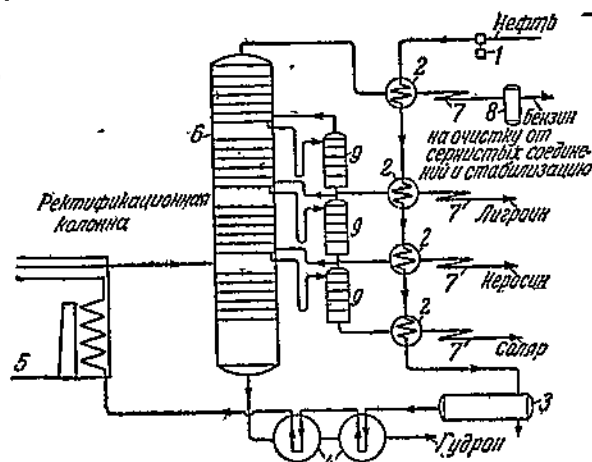
¹ ТЭС применяется не в чистом виде, но в смеси с бромистыми соединениями; смесь эта называется этиловой жидкостью. Бромистые соединения необходимы для выноса свинца, выделяющегося при сгорании свинцового топлива из цилиндра двигателя.

новых углеводородов, служащих сейчас высокооктановыми компонентами.

Из этих данных видно, что технические неогексан и, в особенности, изооптан являются низко-

кипящими компонентами, обладающими повышенной упругостью паров. Технический изооктан, наоборот, содержит преимущественно высококипящие углеводороды, выкипающие в пределах 77—174° С. В связи с этим изооктан обычно используется в смеси либо с изопентаном (около 18—20%), либо с неогексаном (1:1).

В качестве базового бензина, к которому добавляют высокооктановые компоненты, первое время применяли бензины прямой гонки, отгоняемые из нефтей. Процесс получения их весьма несложен.



Фиг. 3. Схема перегонки нефти.

1—сырьевой насос; 2—теплообменники; 3—водоотделитель; 4—гудронный теплообменник; 5—трубчатая печь; 6—ректификационная колонна; 7—холодильники; 8—водоотделитель; 9—дополнительные колонны.

Насос 1 (фиг. 3) через дистиллатные теплообменники 2 подает сырую нефть в водоотделитель 3, откуда она поступает в гудронные теплообменники 4. Затем ее подают для нагрева в трубчатую печь 5. Нагретая нефть поступает в ректификационную колонну 6, где разделяется на фракции. Пары бензина выходят из верхней части колонны и, пройдя теплообменник 2 и холодильник 7, поступают в водоотделитель 8. Остальные продукты (лигроин, керосин, соляр) из ректификационной колонны 6 поступают для отпарки в дополнительные колонны 9, откуда через теплообменники 2 и холодильники 7 направляются в емкость.

В 1930 г. количество бензинов прямой гонки в США составляло около 52% от общей массы бензинов. Октановые числа этих бензинов невысоки и, в зависимости от их химического состава, колеблются от 20 до 70 пунктов. Высокооктановых бензинов в США имеется немного. Среднее октановое число американских бензинов прямой гонки находится в пределах 50—60 пунктов. Ввиду этого обстоятельства за период 1935—1940 гг. в нефтяной промышленности США разработали и применили ряд технологических процессов, при помощи которых можно изменять химический состав самих базовых нефтяных бензинов и, обогащая их изопарафиновыми, нафтеновыми или ароматическими углеводородами, достигая значительного повышения у них октановых чисел. Наиболее эффективными из этих процессов оказались термический и каталитический процессы — риформинг- и гидроформинг-процессы.

При помощи этих процессов нефтяной промышленности США удается переводить довольно зна-

чительную часть своих низкооктановых нефтяных бензинов в высокооктановые с о. ч. порядка 76—78, достаточно чувствительных к этиловой жидкости. Октановое число риформированных таким образом бензинов с добавлением этиловой жидкости (2,5—3 см³ на 1 кг топлива) обычно достигает 94—95 пунктов.

Кроме бензинов прямой гонки и риформированных, получаемых в результате переработки бензина прямой гонки, в качестве базового бензина применяют также бензины каталитического крекинга, например процесса «Гудри» и гидрогенизации. Все эти процессы по существу являются разновидностями обычного крекинга-процесса, отличаясь от него лишь тем, что процесс крекинга тяжелых нефтепродуктов ведут либо в присутствии катализаторов (процесс «Гудри»), либо водорода (деструктивная гидрогенизация). Бензины, получаемые в результате применения этих процессов, обладают высокими октановыми числами порядка 76—82 и хорошей восприимчивостью к этиловой жидкости, обеспечивающей получение авиатоплива даже без прибавления высокооктановых компонентов с о. ч. 94—95.

Таковыми путями — использованием в качестве базовых риформинг-бензинов бензинов каталитического крекинга, более качественных бензинов прямой гонки, а также применением высокооктановых компонентов и этиловой жидкости — в США разрешили проблему получения авиатоплива с о. ч. 95—100 и выше (см. табл. 5).

Таблица 5

Примерный состав и качество американских авиатоплив

Базовый бензин	Алки- ты	Изоп- тан	Базовое топливо	Октановое число	
				без ТЭС	с 3 см ³ Р.9
Бензин прямой гонки . . .	57,7	8,8	33,5	84,0	100
Бензин «Гудри»	35,0	—	65,0	84,0	96,0
«Гудри»	45,0	—	55,0	85,0	99,0

Применение в качестве высокооктановых компонентов исключительно изопарафиновых углеводородов, прибавляемых к базовым бензинам в количестве 30—50%, свидетельствует о том, что в США стремятся получить авиатоплива с о. ч. 95—100 и выше главным образом при помощи этой группы углеводородов, т. е. получить авиатоплива изопарафинового основания, в составе которых преобладают изопарафины. Объяснением этому может служить тот факт, что эта группа углеводородов в условиях определения антидетонационных свойств на двигателе с переменной степенью сжатия оказалась достаточно стойкой к детонации и, кроме того, по другим свойствам она вне конкуренции с ароматическими углеводородами, спиртами, кетонами, эфирами и прочими продуктами, обладающими пониженной calorийностью, а часто и другими недостатками (температура застывания). Сравнительные свойства различных продуктов, могущих служить высокооктановыми компонентами, приведены в таблицах 3 и 4.

В. МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ ВЫСОКООКТАНОВЫХ ТОПЛИВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В СССР

У нас, в Советском Союзе, наряду с бензинами прямой гонки (бакинские авиабензины Б-74 и Б-78 с о. ч. 74 и 78 в чистом виде) применяются крекинг-бензин КБ-70 и риформинг-бензин РБ-70 (с о. ч. 70 в чистом виде), а также составные бензины (в смеси с изоктаном и пиробензолом) типа Б-78.

Из высокооктановых компонентов в СССР в промышленных количествах вырабатывают пиробензол (нефтяной), авиабензол (каменноугольный) и изоктан. Первые два компонента используют у нас для улучшения антидетонационных свойств бензинов Б-70, Б-74 и Б-78. Их в небольших количествах добавляют к авиабензинам—от 10 до 15%. Применять эти компоненты в авиабензинах в количестве свыше 15% нельзя ввиду того, что температура застывания бензинов становится выше минус 60° С.

Если сравнить химический состав высокооктановых авиатоплив, применяемых в СССР и в США, то окажется, что у нас в Союзе в составе бензинов Б-74 и Б-78 содержатся, главным образом, нафтеновые углеводороды (около 65% нафтеновых, около 30% метановых и около 5% ароматических), а в США—парафиновые (около 80% парафинов и около 20% нафтенов). Максимально достижимое октановое число наилучшего советского бензина Б-78 с 4 см³ на 1 кг топлива равно 94—95. В США есть промышленные сорта топлива с о. ч. 95—100 и выше.

Г. РЕЗУЛЬТАТЫ СРАВНИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ АМЕРИКАНСКИХ И СОВЕТСКИХ ТОПЛИВ НА МОЩНОМ СОВРЕМЕННОМ МОТОРЕ

В последнее время некоторыми исследователями¹ было установлено, что октановое число топлив не всегда и не при всех условиях характеризует их антидетонационные свойства, что кроме октанового числа необходимо учитывать и химсостав топлив. Октановое число, определяемое в стандартных условиях на двигателе CFR с переменной степенью сжатия, в действительности характеризует стойкость того или иного топлива к детонации только в зависимости от степени сжатия, которую это топливо допускает. Никакие другие факторы (наддув, диаметр цилиндра, число оборотов, химический состав топлива) при этом не учитываются. В последнее время в авиации стали появляться двигатели, форсированные не только по степени сжатия, но и по наддуву. Кроме того, стали допускаться довольно значительные отклонения в числах оборотов, между диаметрами цилиндров и прочими характеристиками различных двигателей. Точно так же и химический состав высокооктановых топлив, как это указывалось выше, стал более разнообразен. Все это привело к тому, что требования к топливу, применяемому на различных дви-

гателях, стали неодинаковыми, сильно отличающимися между собой. В табл. 6 приведены сравнительные данные некоторых двигателей СССР и США.

Это обстоятельство, в свою очередь, привело к тому, что подбор авиатоплив к авиадвигателям только по октановому числу как единственному критерию антидетонационных свойств стал невозможен.

В свете всего этого представляют большой практический интерес результаты сравнительных испытаний советских и американских авиабензинов на современных мощных моторах, требующих для обеспечения бездетонационной работы топлив с высоким октановым числом².

Испытания были проведены на трех различных моторах: АМ-38, М-88 и М-105ПФ. Из этих моторов особенно жесткие требования к топливу предъявляет мотор АМ-38, у которого при относительно высокой степени сжатия (6,75), большом диаметре цилиндров, малых числах оборотов применяется наибольший наддув; поэтому будет достаточно ознакомиться с результатами испытаний, проведенными на этом моторе. Эти результаты сведены в табл. 7.

Из данных табл. 7 видно, что для обеспечения бездетонационной работы мотора АМ-38 непригодными оказались американские топлива с о. ч. 95—100, а также советские топлива Б-78 грозненский и Б-78 уфимский (с добавкой 4 см³ этиловой жидкости) с о. ч. 94—97. Интересно отметить, что все эти топлива по своему химическому составу относятся к группе метановых, т. е. в основном содержащих метановые (изостроения) углеводороды. В то же время на этом моторе работали, не детонируя, бакинский бензин нафтенового основания Б-78, ароматическое топливо С-3, а также авиабензины Б-78 грозненский и уфимский и топливо Б-95 с добавкой к ним пиробензола—ароматического компонента.

Отсюда следует, что на современных авиадвигателях более подходящими оказались авиатоплива, состоящие в основном из нафтеновых и ароматических углеводородов, и менее качественными метановые топлива, даже изостроения. Вероятно, этот факт в последнее время замечен и в авиационной практике США, так как сейчас уже известно, что для улучшения антидетонационных свойств своих изопарафиновых топлив американцы стали добавлять и ароматические компоненты.

Из этой же таблицы видно, что содержание в составе топлив легких компонентов типа изопентана портит их качество. Например, смесь № 3, отличающаяся от смеси № 1 только содержанием изопентана, оказалась непригодной для применения. Можно сделать предположение о том, что падение антидетонационных свойств топлив, содержащих легкие компоненты, повидимому, происходит благодаря возможности неравномерного распределения легких высокооктановых фракций по отдельным цилиндрам двигателя. Кроме того, падение о. ч. у таких топлив было замечено также при транспортировке и хранении вследствие улетучивания изопентана.

¹ Проф. Масленников М. М. и инж. Залого Б. Д., Сравнение антидетонационных свойств топлив на различных двигателях (Т. В. Ф. № 2, 1941 г.).

Проф. Масленников М. М. и инж. Близнюков Г. Е., Влияние наддува на сравнительную оценку антидетонационных свойств топлив (Т. В. Ф. № 11, 1939 г.).

² Результаты испытаний советских и американских топлив на авиадвигателях изложены в отчетах ЦИАМ, НИИ ВВС КА и заводов НКАП.

Основные данные, характеризующие современные авиационные моторы

Данные моторов	Отечественные моторы					Английские и американские моторы			Немецкие моторы		
	AM-35A	AM-38	M-105ПФ	M-88Б	M-82	Аллисон V-1710 C-15	Мерлин XX	Райт Циклон IR2600 A2A, A2B	DB-601E	ЮМО-211F	BMW 801
1. Мощность взлетная $N_{\text{взл}}$. . .	1350	1600	1200	1100	1700	1055	1300	1600	1350	1350	1560
2. Охлаждение . .	Жидкостное	Жидкостное	Жидкостное	Воздушное	Воздушное	Жидкостное	Жидкостное	Воздушное	Жидкостное	Жидкостное	Воздушное
3. Диаметр цилиндра . . .	160	160 ^{+0,1} _{-0,15}	148	146	155,5	139,7	137,16	155,6	150	150	152
4. Степень сжатия	7 $\pm$ 0,2	6,8 $\pm$ 0,15	7 $\pm$ 0,1	6,1	7,0	6,65	6,0	6,85 6,30	6,9—7,2	6,5	6,7
5. Число оборотов на взлетном режиме . . .	2050	2150	2700	2300	2400	3000	3000	2400	2700	2600	2700
6. p_k взл	1345	1400	105 $\pm$ 25	950	1140	1040	1350	1118	1088	1044	994
7. Потребное октановое число .	95	95	94—95	92	95	95	95	95	87	87	87
8. Сорт топлива .	4Б-78 Б-100+ +1 см ³ Р-9	4Б-78 Б-100+ +1 см ³ этиловой жидкости	4Б-78 Б-100; Б-95+ +1 см ³ этиловой жидкости	4Б-74 3Б-78 Б-95	4Б-78 Б-100 Б-95+ +1 см ³ этиловой жидкости	4Б-78 Б-100 Б-95+ +1 см ³ этиловой жидкости	4Б-78 Б-100 Б-95+ +1 см ³ этиловой жидкости	4Б-78 Б-100 Б-95+ +1 см ³ этиловой жидкости	4Б-70	4Б-70	—

Таблица 7

Поведение авиатоплива различного химического состава на моторе AM-38

Наименование топлива	Содержание Р-9 в см ³ на 1 кг	Октановое число по моторному методу	Поведение мотора на режимах взлет и номинал	Химический состав топлива в %		
				аромат. углеводороды	нафтен. углеводороды	парафиновые углеводороды
Авиабензин Б-78 (бакинский)	4	91,5	Не детонирует	1,2	65	34
Авиабензин Б-78 (грозненский)	4	96,5	Детонирует	2	14	84
Авиабензин Б-78 (уфимский)	4	95	Детонирует	11,5	20	65
50% бензина Б-78 (уфимский) + 50% пиробензола	4	93	Не детонирует	36,0	20,0	44
Импортный бензин Б-95	2,3	91	Детонирует	4	20	76
Импортный бензин Б-95	4	98	Детонирует	4	20	76
80% импортного бензина Б-95 + 20% пиробензола	4	93	Не детонирует	17,3	21	61,7
Импортный бензин Б-100	2	98	Детонирует	3	7	90
Импортный бензин Б-100	3	103	Не детонирует	3	7	90
Авиабензин Б-70 + 40% изоктана	4	95	Не детонирует	1,8	34,02	64,18
Авиабензин Б-70 + 20% изоктана + 20% неогексана (смесь № 1)	4	98—99	Не детонирует	1,8	34,02	64,18
Авиабензин Б-70 + 20% алкилбензина + 20% неогексана (смесь № 2)	3	96,0	Детонирует	1,8	34,02	64,18
Авиабензин Б-70 + 32% изоктана + 8% изопентана (смесь № 3)	4	96,0	Детонирует	1,8	34,02	64,18
Авиабензин Б-70 + 40% неогексана	4	96,0	Детонирует	1,8	34,02	64,18
Трофейное немецкое топливо С-3	3,5—3,8	92—93	Не детонирует	42,5	18,5	39

Как уже отмечалось, производство авиатоплив в США основывается на том представлении, что наиболее желательными и ценными компонентами в топливах являются изопарафиновые углеводороды, в частности изооктан, изопентан, неогексан и др. В результате проведенных испытаний сейчас очевидно, что техническая политика, осуществляемая на основе такого представления на протяжении многих лет в нефтяной промышленности США, не вполне правильна и что она, безусловно, требует известных коррективов, что сейчас и осуществляется.

В результате проведенных испытаний становится совершенно очевидным, что октановое число не является полноценной характеристикой антидетонационных свойств топлив, что наряду с октановым числом необходимо учитывать и химический состав авиатоплив. Для одного и того же мотора могут потребоваться топлива с различными октановыми числами (в зависимости от их химического состава). Например, в случае мотора АМ-38 необходимо, чтобы:

а) изопарафиновое топливо имело октановое число 103—104;

б) нафтеновое топливо — октановое число 94—95;

в) ароматическое топливо — октановое число 92—93.

Таким образом на основе проведенных испытаний ясно, что октановое число как характеристика антидетонационных свойств топлив может применяться только в том случае, если ее относить исключительно к топливу определенного химического состава. Ни в коем случае нельзя рассматривать октановое число как единственный критерий антидетонационных свойств топлива, независимо от его природы и сорта.

Д. ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. В связи с развитием авиационного моторостроения резко увеличился ассортимент авиацион-

ных топлив, которые значительно различаются между собой по химической природе.

2. Все известные и применяемые сейчас сорта топлив в зависимости от их природы можно разбить на три группы:

а) изопарафиновое топливо с преобладанием изопарафиновых углеводородов (выше 60%);

б) нафтеновое топливо с преобладанием нафтеновых углеводородов (выше 60%);

в) ароматическое топливо с содержанием ароматики (выше 30%).

3. В дополнение к ранее выдвигавшимся и известным требованиям, предъявляемым к топливу, в последнее время возникло новое важное требование, касающееся химической природы топлива. Так, можно считать установленным, что наиболее благоприятно, т. е. при меньшем значении октанового числа, ведут себя на современных авиамоторах топлива ароматического и нафтенового основания.

4. Октановое число сейчас уже нельзя рассматривать как полноценную характеристику детонационных свойств топлива, вне зависимости от его природы. Октановое число может служить характеристикой — мерилем детонационных свойств — только в случае применения топлива определенного химического состава, одной и той же природы, одного и того же сорта. По октановому числу сейчас уже нельзя судить о возможности работы какого-либо мотора на данном топливе. Для этого необходимо провести специальные испытания мотора на данном сорте топлива.

5. Фракционный состав также может иметь влияние на детонационные свойства авиатоплив. Топлива с содержанием легкокипящих высокооктановых компонентов, как изогексан (неогексан), изопентан, нежелательны, повидимому, вследствие плохой физической стабильности таких топлив и возможности неравномерного распределения легких фракций по отдельным цилиндрам двигателя.

ПРИМЕНЕНИЕ ИМПОРТНЫХ И СОВЕТСКИХ МАСЕЛ НА АВИАМОТОРАХ

Д. Я. Коломацкий и Л. В. Жирнова

ВВЕДЕНИЕ

В последнее время на снабжение частей нашей армии стали поступать импортные авиамасла, технологии производства которых несколько отлична от технологии производства советских масел.

Предъявляемые к авиационным маслам требования сводятся в основном к тому, чтобы масла обладали хорошей смазывающей способностью, были достаточно стабильны в условиях работы мотора и имели необходимую текучесть при низких температурах.

Смазывающая способность масел оценивается, главным образом, величиной износа трущихся деталей мотора. В технических требованиях на авиамасла их смазывающая способность условно характеризуется вязкостью при высоких температурах.

Стабильность масел, несмотря на все возрастающее значение этой константы в связи с повышением температурного режима современных мото-

ров, практически не имеет отражения в технических требованиях. Коксовое число, как показано ниже, не может служить оценкой ни стабильности масел, ни степени их очистки, если масла получают из разного по химическому составу сырья. В настоящее время стабильность оценивают только по результатам длительных испытаний на моторах, причем фиксируется: состояние мотора («лакировка» деталей, пригорание колец), содержание продуктов разложения в отработанных маслах и количество отложений во вращающихся деталях мотора.

Поведение масел при низких температурах характеризуется температурой застывания, величиной вязкости, а также индексом вязкости (показатель зависимости вязкости от температуры).

Целью работ, проведенных ЦИАМ, являлось выявление качества импортных и советских масел в соответствии с вышеизложенными требованиями, предъявляемыми к маслам. Для этого иссле-

довались физико-химические свойства, приведенные в технических условиях на авиационные масла, и химический состав масел. Полученные данные сопоставлялись с результатами работы советских моторов на этих маслах.

Образцы масел, поступившие в наше распоряжение и названные по сезону их применения зимним (Alkang oil Corp.), промежуточным (Aviat. oil Winter Stand. oil Co of NY) и летним (Aviat. oil Summer Stand. oil Co of NY), были испытаны на заводах и в НИИ ЦВС с участием ЦИАМ для выяснения их поведения на советских моторах.

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ИМПОРТНЫХ АВИАЦИОННЫХ МАСЕЛ

Образцы импортных масел вначале анализировались для определения в них тех констант, которые предусмотрены нашими техническими требованиями на авиационные масла.

Результаты этого исследования помещены в табл. 1.

чем у соответствующих советских, а соотношение вязкостей при 50° С и 100° С более благоприятно. То и другое говорит о лучшем химсоставе импортных масел. Малые значения чисел омыления свидетельствуют о том, что импортные масла не содержат жирных присадок, являясь, повидимому, чисто минеральными (нефтяными) маслами.

Охарактеризовать качество масел полнее на основании приведенного в табл. 1 материала не представляется возможным. Поэтому дополнительно произвели определение вязкостно-весовой константы (ВВК), индекса вязкости по Дину и Девису (ИВ), содержания серы, смол по Маркуссону, а также провели групповой (кольцевой) анализ по Флеттеру.

Результаты всех исследований позволили судить о химсоставе масел, а также о степени их очистки.

При определении группового химсостава (процентного содержания ароматических и нафтенных колец и парафиновых цепей в составе масел) для требуемого по ходу анализа удаления ароматики применяли не гидрирование, как это рекомендуют некоторые авторы, а экстракцию нитробензолом,

Таблица 1

Анализ импортных и советских авиамасел

Наименование констант	Масла советские			Масла импортные			
	масло МК	масло МС	масло МЗ	масло зимнее	масло промежуточное	масло летнее	масло брейт-сток
Уд. вес при 15° С	0,9037	0,8933	0,8941	0,8884	0,8903	0,8952	0,9119
Вязкость в градусах Энглера при 100° С	23,68	21,42	12,35	11,02	16,54	21,11	43,32
То же при 50° С	3,17	3,04	2,29	2,27	2,80	3,23	4,52
Вспышка по Бренкену, ° С	260	256	240	230	253	253	288
Вспышка по Мартенс-Пенскому в ° С	240	238	223	223	234	241	270
Зольность в %	Следы	0,003	0,005	Следы	Следы	Следы	Следы
Коксовое число по Конрадсону в %	0,68	0,22	0,43	0,37	0,88	1,08	1,87
Температура застывания в ° С . . .	-14	-12	-30	-21	-16	-10	-17
Кислотность КОН в мг	0,1	0,007	0,25	0,040	0,046	0,042	0,0038
Число омыления КОН в мг	0,65	0,52	0,48	0,28	0,45	0,41	0,53

Для сравнения в этой таблице наряду с основными данными импортных масел приведены основные качества советских масел. Из сопоставления приведенных данных видно, что по вязкости импортные масла могут быть приравнены к советским в следующем порядке:

Импортное зимнее — к советскому МЗ
 » промежуточное » МС
 » летнее » МК

Исходя из этого все свойства масел в данной таблице и в дальнейшем будут сравниваться в указанном порядке. Табл. 1 позволяет заключить, что с точки зрения технических требований импортные масла удовлетворяют нормам, предъявляемым к отечественным маслам, за исключением коксового числа, которое у них значительно выше. Удельные веса импортных масел несколько ниже,

которая, судя по работам Жердевой [2], дает вполне удовлетворительные результаты. Полноту удаления ароматики проверяли по удельной дисперсии масел, числовое значение которой, по наблюдениям Флеттера с сотрудниками, а также Жердевой, должно быть меньше 158 для метаново-нафтенных углеводородов. Очистку нитробензолом всех образцов масел производили до тех пор, пока удельная дисперсия их не становилась близкой к 158.

Для группового анализа в маслах были определены: удельный вес, молекулярный вес, анилиновая точка, коэффициент рефракции. Удельную рефракцию рассчитывали по формуле:

$$\frac{n^2 - 1}{n^2 + 2} \cdot \frac{1}{d}$$

где n — коэффициент преломления,
 d — удельный вес.

На основании этих данных, пользуясь графиком Флеттера, находили процент нафтеновых углеводородов (колец) в очищенном от ароматики масле, который пересчитывали затем на исходное масло; ароматические углеводороды (кольца) рассчитывали умножением разницы в анилиновых точках до и после очистки масел нитробензолом на экспериментальный коэффициент 0,85; парафины (количество цепей) определяли по разности из 100%.

Результаты проведенной работы сведены в табл. 2.

молекулярных ароматики и нафтенов находятся в масле. Повышенные значения индексов вязкости подтверждают этот вывод.

Как известно из литературы, ароматика и высокомолекулярные нафтенны имеют склонность быстро разлагаться и окисляться от действия высоких температур и кислорода воздуха с образованием твердых осадков, в то время как парафиновые углеводороды, наоборот, являются более устойчивыми и образуют в результате окисления продукты, растворимые в маслах. Следовательно, импортные

Таблица 2

Химический состав импортных и советских масел

Наименование констант	Зимнее масло советское МЗ	Импортное зимнее	Советское масло МС	Импортное промежуточное	Советское масло МК	Импортное масло летнее	Американское брайтсток
Вязкость при 100° С	2,29	2,27	3,04	2,80	3,17	3,23	4,15
Содержание ароматических колец в %	8,9	6,7	3,2	4,8	6,0	4,8	—
Содержание нафтеновых колец в %	22,7	17,6	20,8	16,8	20,1	17,4	—
Содержание парафиновых цепей . .	68,4	75,7	76,0	78,3	73,9	77,8	—
Уд. вес при 15° С	0,8941	0,8884	0,8933	0,8903	0,9037	0,8952	0,9119
Вязкостно-весовая константа (ВВК)	0,8215	0,8143	0,8135	0,8116	0,8274	81,54	0,8318
Индекс вязкости по Дин-Девису . .	78	91	90	92	72	92	99
Коэффициент рефракции	1,4920	1,4910	1,4900	1,4920	1,4983	1,4958	1,5069
Содержание серы в %	0,18	0,19	0,10	0,14	0,11	0,09	0,28
Содержание смол в %	2,0	1,16	0,80	0,70	1,92	0,91	0,81

Полученные данные свидетельствуют о том, что химсостав импортных масел несколько отличается от химсостава советских масел, а именно: импортные масла более бедны ароматическими и нафтеновыми углеводородами (кольцами) и, наоборот, содержат больше парафиновых цепей.

Результаты анализа по Флеттеру подтверждены такими косвенными показателями, как удельный вес, вязкостно-весовая константа, которые ниже у импортных масел и которые, по литературным данным, должны быть тем ниже, чем меньше высоко-

масла должны быть несколько более стабильными при работе в двигателе, что в действительности и наблюдается, как показано ниже.

Для изучения вопроса о фракционном составе были сделаны разгонки в глубоком вакууме всех образцов масел и определены некоторые свойства полученных фракций масла и их остатков. Разгонку делали при остаточном давлении в 1,5—2,5 мм рт. ст. в колбе Кляйзена. Результаты разгонки сведены в табл. 3, из которой видно, что все импортные масла, за исключением брайтстока,

Таблица 3

Фракционный состав импортных и советских авиамасел

Наименование авиамасел	Вязкость в градусах Энглера при 100° С	Выход фракций в % с E ₁₀₀ =1,5	Выход фракций в % с E ₁₀₀ =1,6—1,8	Общий выход фракций в % с E ₁₀₀ до 1,8	Выход фракций в % с E ₁₀₀ =1,8—2,2	Выход фракций в % с E ₁₀₀ =2,2—2,4	Общий выход фракций	Остаток		
								выход в %	вязкость в градусах Энглера при 100° С	коксуемость в %
Американское масло зимнее	2,27	30,4	9,6	40,0	—	—	40,0	55,7	3,91	0,57
Советское масло зимнее . .	2,29	22,7	7,3	30,0	19,3	14,7	64,0	32,7	8,17	1,74
Американское промежуточное масло	2,80	6,3	28,7	35,0	16,7	—	51,7	46,7	6,76	1,95
Советское масло МС	3,04	—	16,4	16,4	24,6	8,9	49,9	44	5,47	0,50
Американское масло летнее	3,23	6,3	22,0	28,3	24,7	—	53,0	64	5,10	2,02
Советское масло МК	3,17	6,0	8,7	14,7	25,3	—	40,0	59,3	5,27	1,07
Американское брайтсток . .	4,52	—	2,6	2,6	7,7	10,2	20,5	77	5,85	2,34

содержат больше легких фракций масел (с вязкостью при 100°С 1,5—1,8°Е), чем советские. При разгонке зимнего масла (Alliamp oil Corp.) наблюдалось падение температуры после отбора фракции, выкипающей при +480°С (температура пересчитана на нормальное давление). Это объясняется тем, что исследуемое масло является, по видимому, смешанным (составлено из высоковязких и маловязких компонентов).

Для изучения поведения масла при низких температурах определяли температуры застывания и вязкость в диапазоне температур от +100°С до —15°С. Вязкость определяли в вискозиметре Фогель-Оссага. По данным табл. 4 можно судить, что импортное зимнее масло, несмотря на то, что имеет вязкость при 100°С такую же, как масло МЗ, а застывает при температуре на 9°С выше, обладает при низких температурах большей подвижностью, чем масло МЗ. То же можно сказать и о промежуточном масле «Winter», если сравнивать его с советским МС.

По химсоставу импортных авиамасел, а также по вязкостно-температурным свойствам их можно судить, что в процессе переработки сырья применялись более совершенные методы (применение селективных растворителей для депарафинизации и для очистки), чем при получении советских масел. Как известно из литературы, подбор растворителей в соответствии с химсоставом сырья и удачные условия их применения позволяют получить даже из плохого сырья масла весьма высоких качеств [6, 7].

Химический состав и качество исследованного нами образца масла МС (образец повышенной очистки) говорит о том, что и из советских нефтей можно получить масла хорошего качества при условии применения лучшей очистки.

ИСПЫТАНИЕ ИМПОРТНЫХ МАСЕЛ НА СОВЕТСКИХ МОТОРАХ

Для установления связи между полученными результатами лабораторного исследования масел и поведением их в моторе были изучены материалы заводов ИКАП и НИИ ВВС, испытывавших импортные масла на моторах М-105Ф, АМ-38 и М-82.

Смазывающую способность масел оценивали по величине износов, стабильность — по анализу отработанных масел, главным образом, по количеству содержащихся в них механических примесей. Чем менее термически устойчивы масла, тем больше накапливается в них в процессе работы механических примесей, являющихся продуктами изменения масел. Прямым следствием накопления механических примесей в масле являются отложения в шейках коленчатого вала, количество которых также служит показателем стабильности масел.

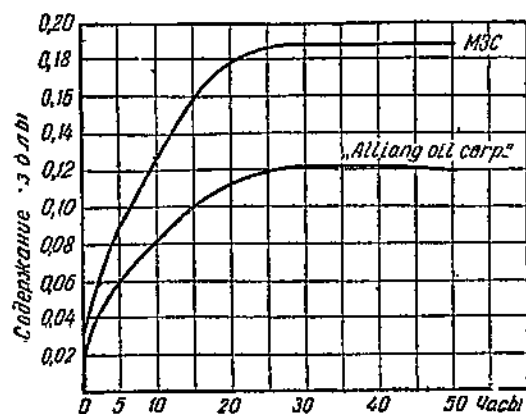
Испытания масел продолжительностью в 50 час. каждое проводили по методике 67 МТУ-41. Данные, полученные в результате испытаний импортных масел на различных советских моторах, позволяют сделать общий вывод, что смазывающая способность импортных масел вполне удовлетворительна, так как износы деталей во всех случаях не выходили из пределов допусков. Показателем износа может служить также количество золы в отработанных маслах. Графики сравнительного содержания золы в отработанных маслах с мотора М-105ПФ (фиг. 1 и 2) подтверждают хорошие смазывающие свойства импортных масел.

По сравнению с советскими маслами импортные масла оказались более стабильными. Это выразилось, как отмечено в большинстве отчетов, в лучшем состоянии деталей моторов (меньшая «лакировка», хорошее состояние поршневых колец), в меньшем содержании механических примесей в

Изменение вязкости импортных и советских масел в зависимости от температуры

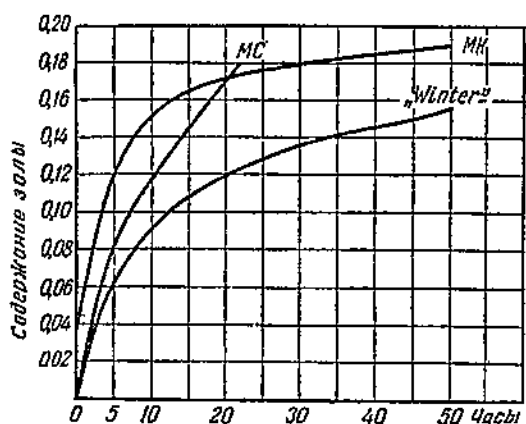
№ по пор.	Наименование авиамасел	Вязкость в градусах Энглера при 100°С	Вязкость масел в градусах Энглера												Температура застывания, °С
			90	80	70	60	50	40	20	10	0	-5	-10	-15	
	Советские масла														
1	Масло МК	3,17	4,21	—	—	13,98	23,6	14,7	205,4	543	1779	—	14000	Не течет	-14
2	„ МС	3,04	3,97	—	—	12,85	21,42	38,5	163,9	415	1302	—	10000	То же	-12
3	„ МЗ	2,29	—	75°С 4,49	—	—	12,70	22,0	88,0	—	528	—	2684	7442	-30
	Импортные масла														
4	Масло зимнее . .	2,27	2,77	3,57	4,92	7,15	11,02	17,98	63,4	—	514,9	—	1166	2322	-21
5	„ промежуточное . .	2,80	3,56	4,75	6,77	10,30	16,5	28,3	103,8	232	628	—	3091	Не течет	-16
6	„ летнее . .	3,23	4,22	5,81	8,42	13,0	21,0	37,0	146	-351	979	1917	—	—	-10
7	Американское брайтсток . .	4,52	6,57	9,7	15,0	24,85	43,3	83,95	426,7	1185	4435	—	—	—	-17

отработанных маслах и, наконец, в меньшем количестве отложений в коленчатом вале моторов.



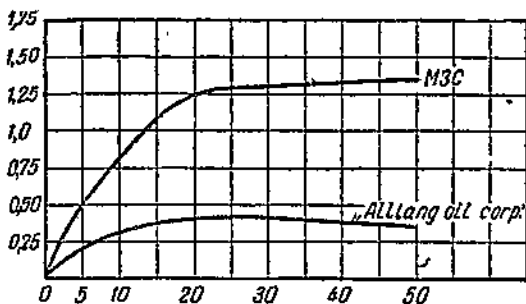
Фиг. 1. Изменение содержания золы в американском зимнем масле „Allieng oil Corp.“ после 50-часового испытания на моторе М-105ПФ в сравнении с отечественным маслом марки МЗС.

На фиг. 1, 2, 3, 4 представлена интенсивность накопления механических примесей в маслах в



Фиг. 2. Изменение содержания золы в масле „Winter“ после 50-часового испытания на моторе М-105ПФ в сравнении с отечественными маслами марки МЗС и МК.

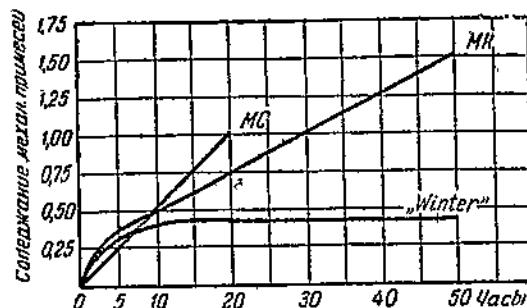
процессе работы мотора жидкостного охлаждения М-105ПФ, наиболее требовательного к качеству масел.



Фиг. 3. Изменение содержания механических примесей в американском зимнем масле после 50-часового испытания мотора М-105ПФ в сравнении с отечественным маслом марки МЗС.

В табл. 5 приведены количества отложений, снятых с коленчатого вала этого мотора при работе его на разных маслах. Приведенные графики и

таблица наглядно показывают различные показатели стабильности советских и импортных масел.



Фиг. 4. Изменение содержания механических примесей в масле „Winter“ после 50-часового испытания на моторе М-105ПФ в сравнении с отечественными маслами марки МЗС и МК.

Таблица 5

Нагары и отложения, полученные при испытании импортных масел на моторе М-105ПФ

Наименование образцов	Импортное зимнее масло 50 час.	Советское зимнее МЗС 100 час.	Импортное промежуточное масло 50 час.	Советское масло МЗС 50 час.	Советское масло МК 50 час.
	Вес на деталь в граммах				
Нагар с поршней . . .	2,05	1,44	1,85	1,87	1,84
Нагар с клапанов впуска	0,28	0,38	0,12	0,20	0,14
Нагар с клапанов выпуска . .	0,20	0,24	0,18	—	—
Отложения из шеек коленчатого вала . . .	9,05	24,5	Всего 18,54	6,8	7,66

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

Исследованные образцы импортных масел удовлетворяют нормам, предъявляемым техническими условиями на авиационные масла (ГОСТ-1013-41). Исключение составляет коксовое число, которое у импортных масел (промежуточных и летних) значительно выше, чем это предусмотрено ГОСТ.

Испытание на моторах показало, что импортные масла имеют достаточно хорошие смазывающие свойства (износы деталей не выходили из пределов допусков) и повышенную химическую стабильность (хороший внешний вид деталей мотора, меньшее количество отложений в коленчатом вале и пр.). Таким образом импортные масла, несмотря на повышенное значение коксового числа, можно эксплуатировать на советских моторах всех типов.

Сравнительное изучение химического состава импортных и советских масел методом Флетгера и определение косвенных показателей (вязкостно-весовая константа, индекс вязкости и др.), характеризующих химсостав нефтепродуктов, показало, что импортные масла более бедны ароматическими и нафтеновыми углеводородами (жольцами), но со-

держат больше парафиновых углеводородов, чем советские масла.

Фракционный состав импортных масел, особенно зимнего и летнего, отличается от советских большим содержанием маловязких фракций с вязкостью при 100°С 1,5—1,8°Е, что, по видимому, является результатом способа их приготовления — методом смешения. При низких температурах импортные масла обладают лучшей текучестью, чем советские.

Повышенную химическую стабильность импортных масел, несмотря на более высокое коксовое число, можно объяснить тем, что импортные масла очищались более эффективно и, видимо, с помощью селективных растворителей, способных, как известно, удалять из сырья не только асфальтосмолистые вещества, но и некоторые нежелательные группы углеводородов (высокомолекулярные ароматики, нафтены и другие соединения). Следовательно, коксовое число не может служить критерием оценки стабильности, а также степени очистки масел в случае, если сырье, употребляемое для их изготовления, различно по химсоставу.

Величина коксового числа, по всей видимости, определяется структурой молекул, входящих в состав масел.

Более совершенной очисткой (применением селективных растворителей) надо объяснять и повышенный индекс вязкости масел, характеризующий лучшее поведение масел при низких температурах. О лучшей очистке импортных масел свидетельствует также и внешний вид последних: они менее окрашены и более прозрачны, чем советские масла.

В экспериментальной части этой работы принимали участие инж. Блеес Г. С. и техник Гогова Л. П.

ЛИТЕРАТУРА

1. Petr. Technol № 141 и № 143, 1935.
2. „Грозненский нефтяник“ № 8, 1936.
3. То же.
4. Рыбак, Анализ нефтей и нефтепродуктов.
5. Черножуков и Крейн, Окисляемость минеральных масел.
6. Nat. Petr. News, т. 58, № 51, 1936.
7. То же. № 24, 1939.

Класс 1 п. 50 к.

17-15 к. 1/1.

1943

