

НАРОДНЫЙ КОМИССАРИАТ АВИАЦИОННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

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

ТРУДЫ ЦИАМ

№ 74

К ВОПРОСУ РАЗЖИЖЕНИЯ МАСЛА ТОПЛИВОМ

П. П. КОРОЛЕВ

Республіканська
наукова-технічна
бібліотека

Д 8 П

НКАП ОБОРОНГИЗ 1944

К ВОПРОСУ РАЗЖИЖЕНИЯ МАСЛА ТОПЛИВОМ

П. П. Королев

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ

В данной работе приведены результаты лабораторной доводки системы разжижения масла топливом¹. Разработан упрощенный метод разжижения бензином масла на самолетах, оборудованных специальными кранами разжижения, составлена номограмма для определения времени открытия бензокрана при разжижении масла топливом до 10—20% (без учета и с учетом испарившегося из

масла топлива) и даны практические советы пользования ею.

Для мотора М-82 получена простая зависимость падения давления масла от содержания в нем топлива; на одном и том же тепловом режиме работы мотора ($n=900-1000$ об/мин. и $t_{м. вх} = 45-50^\circ \text{C}$) увеличение содержания топлива в масле на 1% вызывало падение давления на $0,1 \text{ кг/см}^2$.

I. ВВЕДЕНИЕ

Подготовка самолета к вылету зимой зависит от быстроты заправки самолета и от быстроты запуска мотора, в особенности если вылет самолета производится не с основного аэродрома, а с посадочной площадки, на которой часто отсутствуют такие элементарные приспособления для запуска мотора, как автостартер или сжатый воздух.

Пусковой момент данного двигателя тем больше, чем ниже температура окружающей среды и, следовательно, выше вязкость масла. Для снижения указанного момента обязательным условием является наличие в системе масла пониженной вязкости.

Для этой цели в последнее время стали употреблять специальные сорта зимних масел, у которых отсутствуют в растворенном виде такие вещества, как парафин, получаемый при дестилляции нефти, и смолистые вещества, являющиеся продуктом разложения масла при нагревании. Следует отметить, что употребление масел, обладающих пониженной вязкостью при низких температурах, может вредно отразиться на качестве смазки деталей мотора при установившемся рабочем режиме и при повышенных температурах масла, так как трудно подобрать такое масло, которое по вязкости удовлетворяло бы условиям его эксплуатации как при низких, так и при высоких температурах. Одним из компромиссных решений этого вопроса является разжижение масла топливом. Введенное в масло топливо снижает вязкость при низких температурах, облегчает запуск мотора зимой и практически не влияет на вязкость, а следовательно, и на качество смазки благодаря испарению топлива из масла при его нагреве. Все это обеспечивает нормальную смазку деталей при эксплуатации мотора на рабочих режимах.

Исследования и опыт эксплуатации показали, что введенное в масло топливо испаряется в первые 20—30 мин. работы мотора, остающийся же небольшой процент топлива следует отнести к тя-

желым фракциям бензина. Наличие таковых в масле, даже при отсутствии разжижения, является неизбежным вследствие попадания при работе мотора в его картер рабочей смеси через вазоры между поршнем и цилиндром.

Быстрая испаряемость топлива из масла подтверждается и результатами специально проведенных исследований по выявлению влияния наличия топлива в масле на износ деталей мотора². При добавлении в масло до 10—12% топлива износ деталей не превышал допустимого износа, соответствующего работе мотора без разжижения масла топливом. Кроме того, в большинстве конструкций маслобаков, устанавливаемых на самолетах, допускают производить разжижение не всего количества масла в системе, а только незначительной его части, зависящей от размеров колодца подогрева и объема масла, находящегося в картере мотора, радиаторе и маслопроводах.

Количество масла в картере, радиаторе и маслопроводах для большинства маслосистем авиационных двигателей находится в пределах 10—15% от всего количества масла в системе. Объем колодца подогрева в существующих маслобаках не превышает 25—30% от полного объема маслобака.

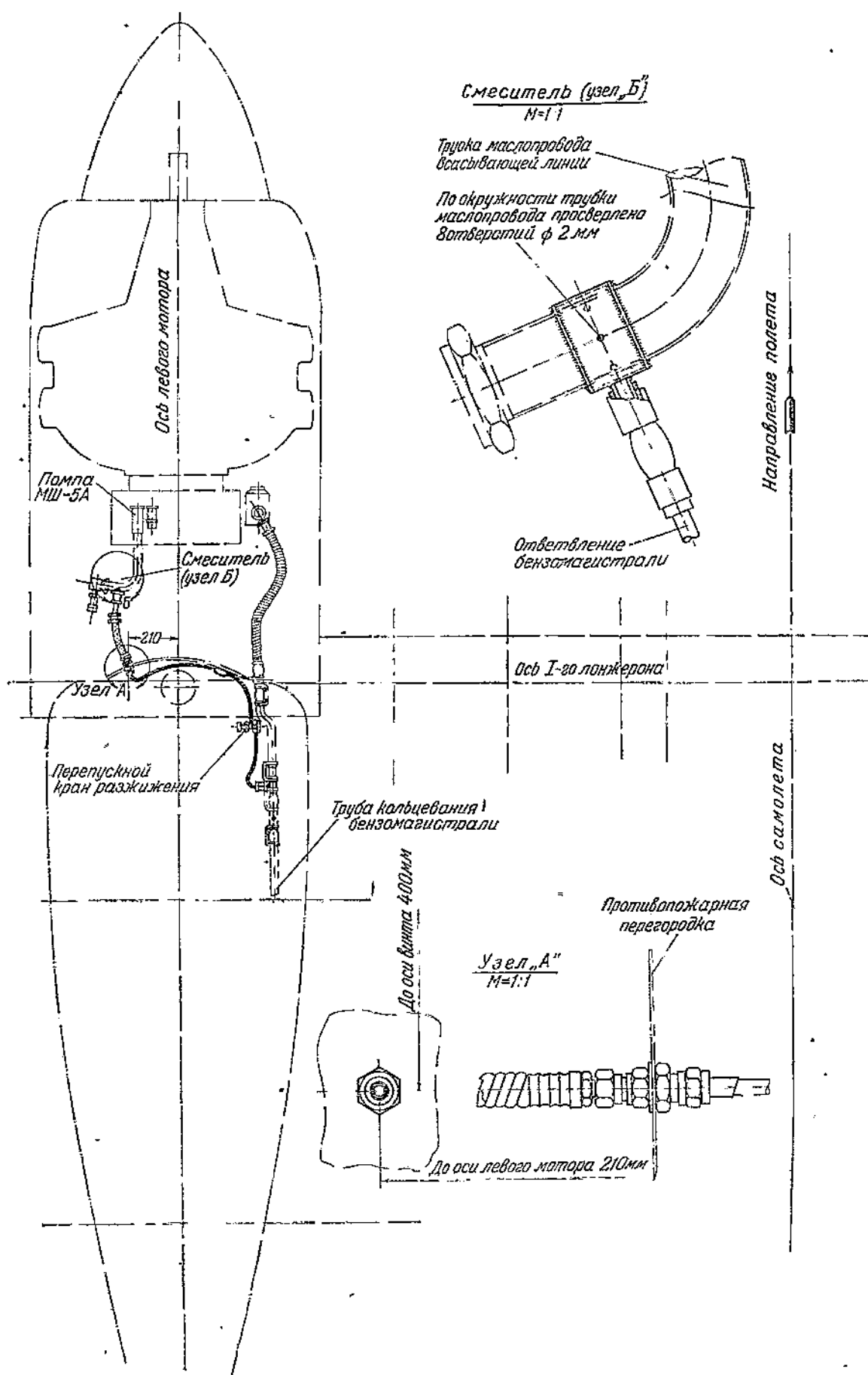
В последних конструкциях маслобаков, устанавливаемых на самолетах для полетов с выполнением фигур высшего пилотажа, предусматриваются специальные отсеки («пикирующие» отделения), обеспечивающие подачу в мотор масла при отрицательных перегрузках самолета в воздухе. Наличие такого отсека в маслобаке приводит к дополнительному увеличению объема масла, подвергнутого разжижению, примерно еще на 15—20%.

Таким образом общее количество масла, подлежащее разжижению, может достигать 50—65% от всего количества циркулирующего в системе масла.

Основная часть свежего масла из маслобака в мотор начинает поступать после того, как температура деталей мотора и циркулирующего в си-

¹ Экспериментальная часть работы проведена в лаборатории на одном из опытных заводов ИКАП, анализ материалов и написание статьи сделаны автором в ЦИАМ.

² В. Д. Рево, Работа авиадвигателя на маслах, разжиженных бензином, Труды ЦИАМ.



Фиг. 1. Схема установки бензокрана разжижения масла топливом на самолете.

стеме масла достаточна для испарения топлива, введенного в масло.

Это положение в сочетании с быстрым испарением топлива из масла дает полное основание без опасения ухудшения качества смазки применять разжижение масла в условиях эксплуатации мотора зимой.

Кроме облегчения запуска мотора в условиях зимней эксплуатации, наличие в масле топлива избавляет экипаж самолета от слива масла на ночь и обратной заправки самолета подогретым маслом на другой день.

Это обстоятельство в условиях войны является весьма существенным доводом для применения разжижения в условиях зимней эксплуатации моторов. Разжиженное и оставляемое в маслосистеме масло, как показала эксплуатация отечественных самолетов, даже при таких низких температурах, как -30°C , не загустевает до состояния прекращения текучести (pouring point), а сохраняет вязкость, вполне достаточную для свободной прокрутки мотора при запуске. В этом случае при отсутствии дефектов в моторе, влияющих на его запуск, а также наличии аккумулятора, заряженного на полную мощность¹, запуск мотора значительно облегчается.

Вначале разжижение масла топливом производилось кустарным способом, т. е. необходимое количество бензина добавлялось в масло непосредственно в заливную горловину маслобака, и только позднее на некоторых самолетах этот способ был заменен введением в бензосистему специального перепускного бензокрана, допускающего производить разжижение масла путем перепуска бензина в маслосистему перед остановкой двигателя.

Проведенное в данной работе описание процесса разжижения масла, а также исследование и последующий анализ экспериментального материала для одного из типов моторов, имеющего маслосистему, допускающую разжижение масла бензином, дали возможность произвести обобщение результатов и сделать ряд выводов для других типов моторов и других маслосистем.

II. ЛАБОРАТОРНЫЙ МЕТОД РАЗЖИЖЕНИЯ МАСЛА

Лабораторные исследования по разжижению масла проведены на жестком стенде с маслосистемой мотора М-82, установленного на одном из отечественных самолетов.

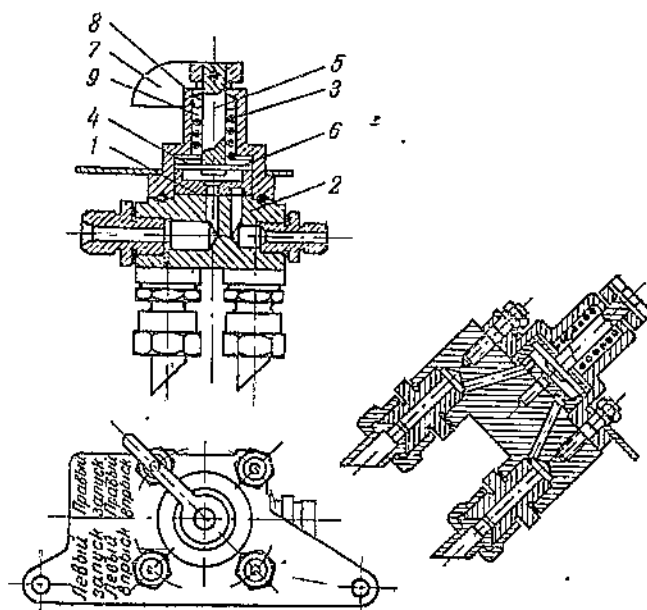
В качестве определяющего параметра было принято время открытия перепускного бензокрана, установленного на ответвлении от трубы кольцевания бензосистемы к трубе маслопровода, перед маслосистемой мотора. Ответвление бензосистемы от основного трубопровода кольцевания бензина к маслосистеме и установка в ответвлении перепускного крана разжижения и смесителя приведены на схеме (фиг. 1). Следует отметить, что существующие схемы подвода бензина к маслосистеме, устанавливаемые на самолетах, обычно отличаются

от описанного только конструкцией бензокрана, смесителя и размерами ответвления.

Как показали исследования ЛИИ, а также данное исследование, истечение топлива в масло по времени при полностью открытом кране (независимо от конструкции крана) в основном зависит от количества циркулирующего и подлежащего разжижению в системе масла и от давления бензина, под которым происходит истечение.

На схеме (фиг. 1) показан смеситель, представляющий собой цилиндрическое полое кольцо с боковыми стенками, приваренное к всасывающей линии маслопровода перед маслосистемой на расстоянии 50 мм².

Сообщение полости смесителя, к которой подводится бензин, с полостью маслопровода, по которой циркулирует масло, осуществляется через восемь отверстий $\varnothing = 2$ мм, просверленных по окружности маслопровода.



Фиг. 2. Бензокран разжижения масла пробкового типа.

1—золотник; 2—корпус распределителя; 3—пружина; 4—упорный диск; 5—поворотный стержень; 6—шпилька; 7—рукоятка; 8—уплотнительное кольцо и 9—сальниковое кольцо.

Определение времени открытия перепускного бензокрана при разжижении было проделано для двух совершенно различных друг от друга конструкций кранов: крана пробкового типа, допускающего полное открытие за $\frac{1}{4}$ полного оборота (фиг. 2), и специально изготовленного для этого многооборотного крана вентильного типа, дающего полное открытие за шесть оборотов (фиг. 3).

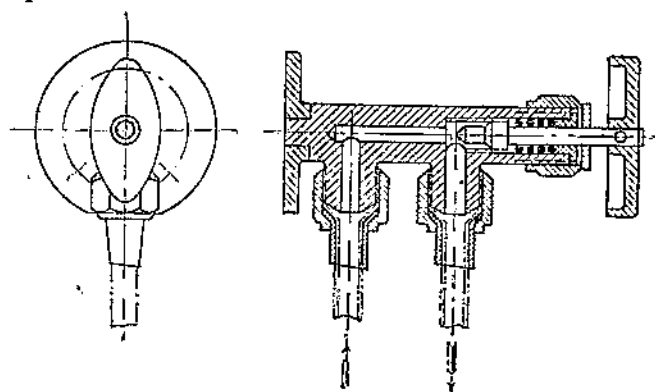
Вследствие негерметичности пробкового крана, обнаруженной при его работе, все основные исследования по разжижению масла топливом проводились с краном вентильного типа.

Процентное содержание топлива в масле определялось по вязкости последнего при 50°C . Вязкость масла определялась вискозиметром Энглера.

¹ Следует отметить, что с понижением температуры отдачи аккумулятора и напряжения в клеммах независимо от других факторов понижается; при неполностью же заряженном аккумуляторе это может привести к невозможности запуска мотора.

² Расположение смесителя в маслопроводе по отношению к масляной помпе может существенно влиять на ее работу. Ближкое расположение смесителя может привести к резкому падению давления масла и нарушению нормальной работы маслосистемы вследствие недостаточного полного смешения масла с топливом.

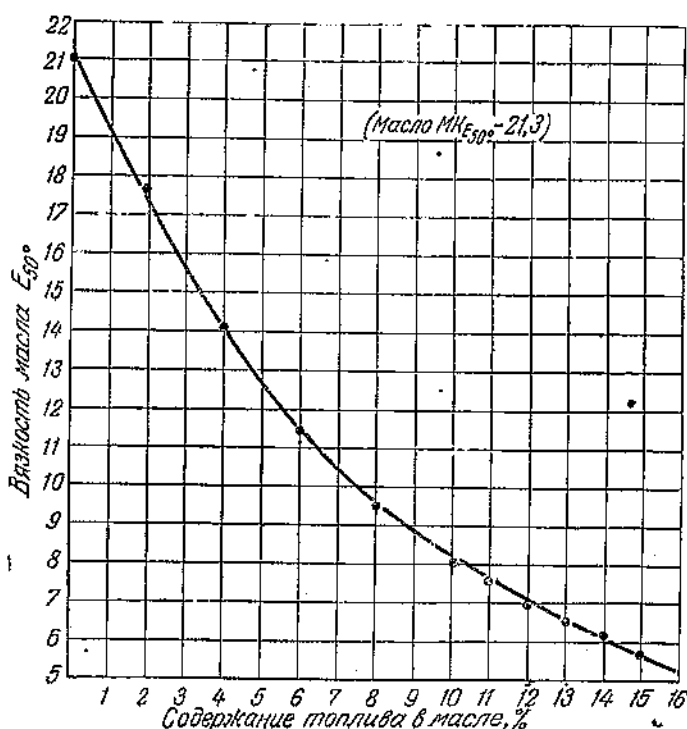
На фиг. 4 приведена исходная кривая изменения вязкости масла МК в зависимости от процентного содержания в нем топлива, полученная по вискозиметру Энглера. По данной кривой в дальнейшем и определялось содержание топлива в масле в зависимости от времени открытия перепускного бензокрана.



Фиг. 3. Бензокран разжижения масла вентильного типа.

Кран, опущенный в жидкость подводящей магистрали при давлении 100 атм, не должен давать ни одного пузырька в течение 5 мин., а в жидкости отводящей магистрали при давлении 50 атм через его манжет может выходить не более 10 пузырьков в минуту.

При смешении топлива с маслом для получения исходной кривой вязкости его смешение каждый раз делалось с неоднократной тщательной проверкой при температуре 50° С. При этой же температуре во время исследования производился отбор проб масла из маслосистемы мотора.

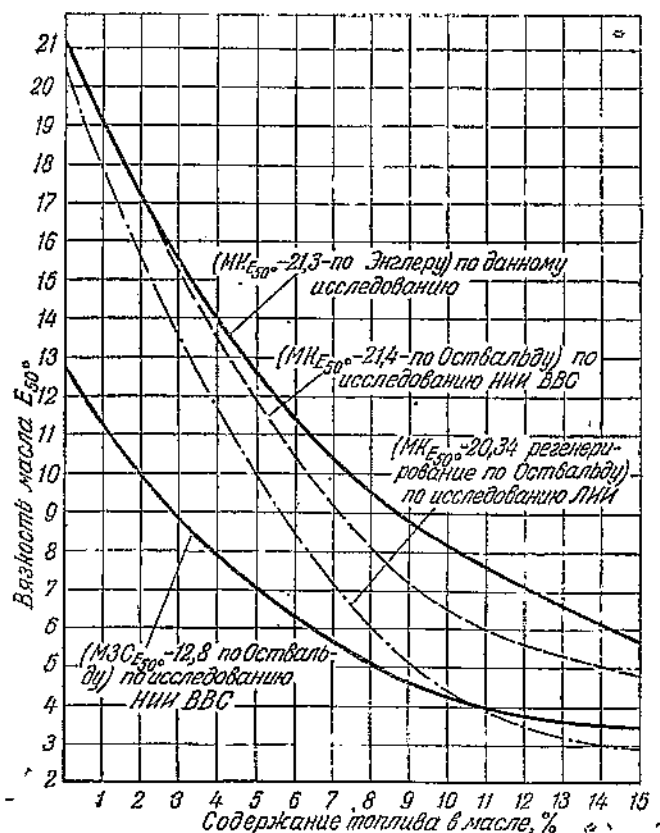


Фиг. 4. Изменение вязкости масла в зависимости от процентного содержания в нем топлива.

Это обстоятельство имеет существенное влияние на протекание исходной кривой вязкости. Если смешение масла с топливом производить при произвольной начальной температуре и затем доводить температуру смеси до 50° С, то в результате будем иметь повышенную на 10—15% вязкость вслед-

ствие испарения топлива из масла при его последующем нагревании.

Характер протекания исходной кривой вязкости для одного и того же масла зависит также от типа вискозиметра и степени точности, с какой определяется вязкость в каждом отдельном случае. На фиг. 5 приведен сводный график изменения вязкости масла в зависимости от содержания в нем топлива. Из рассмотрения его следует, что масло МК примерно с одной и той же исходной вязкостью 21,3° Е; но пропущенное через различные вискозиметры (Энглера, Оствальда), давало расхождение в вязкости (при 12%-ном содержании в нем топлива) в среднем на 25—30%.



Фиг. 5. Изменение вязкости масла МК и МЗС в зависимости от процентного содержания топлива.

Расхождение вязкости для регенерированного масла МК достигает 100%.

Точное получение на практике потребного процентного содержания топлива в масле порядка 12,5% составляет большое затруднение, так как определение вязкости масла в условиях эксплуатации производится стандартным вискозиметром Оствальда или походным вискозиметром типа ЦИАМ¹, дающими меньшую точность, нежели вискозиметр Энглера.

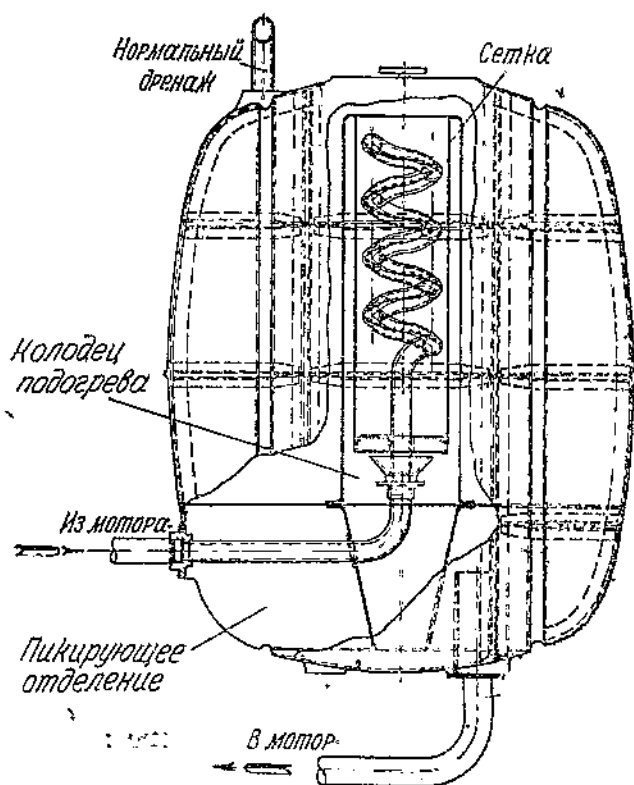
Следовательно, приближенность выводов данного исследования может быть оправдана приближенностью определения вязкости масла на практике.

На фиг. 6 приведена схема маслобака с колодцем подогрева и «глицирующим» отделением, с которым были проведены исследования по разжиже-

¹ Е. Ф. Пичугин, Походный вискозиметр ЦИАМ, Труды ЦИАМ № 51, за 1943 г.

нию масла. Наличие «пикирующего» отделения, как это видно из схемы, приводит к увеличению объема масла, подвергаемого разжижению. «Пикирующее» отделение и забор масла в стороне от колодца подогрева, помимо обеспечения питания мотора маслом при отрицательных перегрузках самолета в воздухе, обеспечивают подачу в мотор масла с меньшим количеством растворенного в нем воздуха, что в свою очередь приводит к улучшению качества смазки.

С целью уменьшения количества подвергаемого разжижению масла, а также устранения неполадок в питании мотора маслом при выполнении фигур высшего пилотажа было проведено исследование с другим вариантом маслобака, отличающимся от приведенного на фиг. 6 большей герметичностью между основной полостью, колодцем подогрева и «пикирующим» отделением.



Фиг. 6. Схема маслобака с «пикирующим» отделением и колодцем подогрева.

Пробы масла при исследовании отбирались из следующих точек маслосистемы:

- 1) маслоотстойника (из сливного краника),
- 2) радиатора (из сливного краника),
- 3) сливного крана,
- 4) маслобака (основная полость — из маслосмерного отверстия),
- 5) маслобака («пикирующее» отделение — из сливной пробки маслобака).

Процесс разжижения производился на прогретом моторе, при этом температура масла на входе была равной $45-50^{\circ}\text{C}$, а число оборотов мотора выдерживалось $n=1000$ об/мин. После закрытия перепускного бензокрана, в целях полного смешения масла с топливом перед взятием проб, мотор на указанном режиме $n=1000$ об/мин. выдерживался в течение 5 мин., затем переводился на номиналь-

ный режим, на котором производились 2—3 переключения шага винта с малого на большой и обратно.

Взятые пробы масла в целях предотвращения испарения из них топлива должны быть сразу же пропущены через вискозиметр. При наличии большого числа проб и небольшой пропускной способности вискозиметра Энглера практически это не всегда может быть выполнимо, поэтому процесс вискозиметрии в исследовании приходилось проводить при дополнительном подогреве взятых проб на электропечи.

Частичное испарение топлива из масла при нагревании его до 50°C , несмотря на подогрев проб в закрытом состоянии, в свою очередь может внести ошибку в определении процентного содержания топлива в масле. Поэтому в условиях аэродрома вязкость масла, а следовательно, и процентное содержание в нем топлива, предпочтительнее определять походным вискозиметром типа ЦИАМ (без подогрева испытуемого масла).

III. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И АНАЛИЗ

Предварительная проливка бензина из бензокранов, проведенная с отсоединенным штуцером от смесителя на режимах мотора от $n=1000$ об/мин. до $n=1600$ об/мин., при угле установки винта $\varphi=\text{min}$, показала, что истечение топлива на полном открытии кранов от режима работы мотора не зависит, а зависит только от давления бензина, которое в обоих случаях при исследовании изменялось в пределах $0,3-0,35 \text{ кг/см}^2$.

На указанных режимах работы мотора и при давлении бензина $0,3-0,35 \text{ кг/см}^2$ истечение бензина при полном открытии бензокранов (независимо от их конструкции) было получено равным $1,45-1,5 \text{ л/мин.}$ Это объясняется большей площадью живого сечения кранов по сравнению с сечением бензопровода и его ответвлений.

Наибольшее влияние открытия крана на истечение топлива получено до $50-60\%$ открытия; дальнейшее открытие на истечение практически не влияет. Различие в конструкциях бензокранов при полном их открытии и постоянном сопротивлении ответвления бензомагистрали на результатах разжижения не скажется.

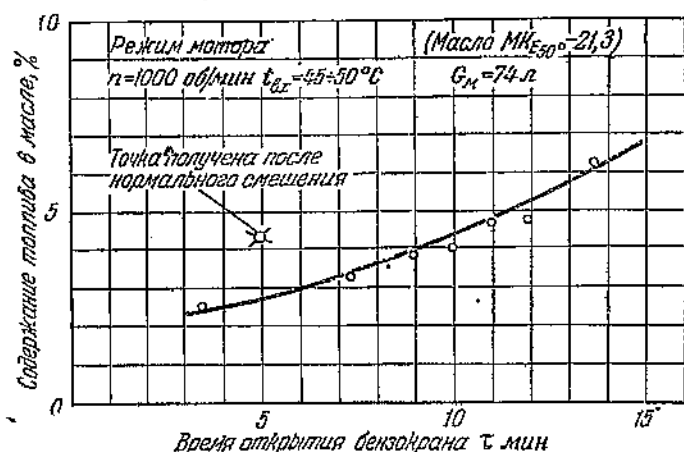
Основным недостатком бензокрана пробкового типа, приведенного на фиг. 2, является трудность получения хорошей герметичности в работе.

Бензокран вентильного типа (фиг. 3), имея хорошую герметичность вследствие его многооборотности, вносит затруднения при пользовании в эксплуатации; однако полное его открытие при разжижении, как показали результаты данного исследования, является необязательным, что частично устраняет указанный недостаток, позволяя производить неполное открытие крана без ущерба для истечения топлива.

При исследовании было обнаружено существенное влияние процесса смешения и характера истечения топлива на процентное содержание его в масле.

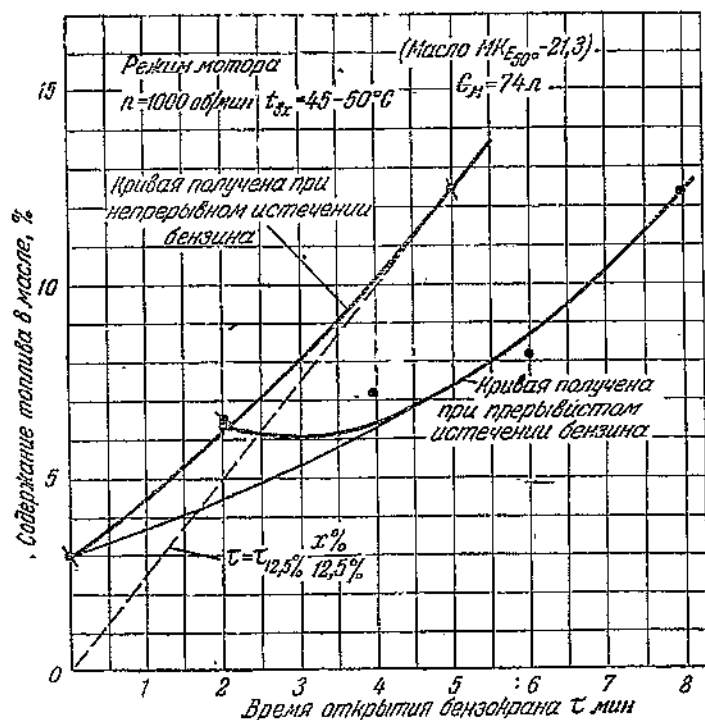
На фиг. 7 приведена кривая процентного содержания топлива в масле в зависимости от времени открытия бензокрана, полученная по пробам, взя-

гым в процессе разжижения из «пикирующего» отделения маслобака; там же нанесена экспериментальная точка, полученная после нормального пятиминутного смешения на режиме мотора $n=1000$ об/мин. и последующего трехкратного переключения шата винта с малого на большой и обратно. Из сопоставления приведенных результатов следует, что процесс смешения при том же времени открытия бензокрана на 5 мин. повышает процентное содержание топлива в масле с 2,7 до 4,3.



Фиг. 7. Процентное содержание топлива в масле в зависимости от времени открытия бензокрана. Пробы взяты из «пикирующего» отделения маслобака в процессе разжижения.

На фиг. 8 приведены кривые процентного содержания топлива в масле в зависимости от времени открытия бензокрана, полученные при непрерывном



Фиг. 8. Процентное содержание топлива в масле в зависимости от времени открытия бензокрана. Пробы масла взяты по средним значениям из маслоотстойника, маслобака (основная полость), радиатора и сливного крана.

и прерывистом истечении топлива в масло. В последнем случае при том же количестве масла в системе (74 л) бензокран открывался периодически на

2; 4; 6 и 8 мин. для разжижения масла топливом до 12—12,5%.

При этом после каждого закрытия бензокрана, как и в первом случае, производилось нормальное смешение масла с топливом. Из рассмотрения приведенных на фиг. 8 результатов видно, что кривая процентного содержания топлива в масле, соответствующая прерывистому истечению топлива, идет ниже кривой, полученной при непрерывном его истечении.

Расхождение в результатах следует отнести за счет дополнительного испарения топлива, получающегося в процессе смешения, а также различия истечения топлива через бензокран при постоянном и периодическом его открытии.

Изменение содержания топлива в масле протекает в прямой зависимости от времени открытия бензокрана, т. е. от количества введенного в масло топлива. Отклонение, приведенное на кривой (фиг. 8), полученной при непрерывном истечении бензина, от теоретической кривой (пунктир) следует объяснить наличием в масле неиспарившегося бензина, присутствие которого имело место даже в случае заливки в систему свежего масла¹.

В условиях эксплуатации процесс разжижения происходит при непрерывном истечении топлива и при последующем его смешении с маслом, поэтому отработку системы разжижения лабораторным методом или в условиях аэродрома следует производить также при постоянном открытии бензокрана и последующем смешении на тех режимах работы мотора, при которых предполагается в дальнейшем производить разжижение; в противном случае небольшие отступления в методике исследования могут привести к искажению результатов.

Режим работы мотора на истечение топлива практически не влияет, однако следует иметь в виду, что разжижение масла на повышенных оборотах мотора и температурах масла, с одной стороны, приводит к усиленной циркуляции масла, что ускоряет процесс смешения, и с другой, к интенсивному испарению из него топлива. Интенсивное испарение топлива из масла при разжижении на повышенных режимах мотора может в свою очередь привести к увеличению потребного для разжижения времени открытия бензокрана. Поэтому наиболее выгодным режимом мотора при разжижении следует считать $n=900-1000$ об/мин. и $t_{м.вх}=45-50^\circ\text{C}$.

Потребное время открытия бензокрана зависит также от количества подлежащего разжижению масла и производительности маслопомпы, однако при небольшой разнице в производительностях маслопомп существующих моторов и сравнительно при тех же количествах подлежащего разжижению масла в маслобаках самолетов² указанными факторами можно пренебречь.

Основным критерием, определяющим желательное и допустимое содержание топлива в масле, как показало данное исследование, а также исследования, проведенные в Америке, следует считать

¹ Наличие топлива в масле в этом случае следует отнести за счет остающегося на стенках масляной системы масла, содержащего некоторое количество топлива от предыдущей работы мотора. Процент содержания топлива в масле, полученный нами при исследовании по пробам, взятым до открытия бензокрана, в среднем равняется 3 (см. табл. 1).

² У самолетов, имеющих баки большой емкости, разжижению подлежит не все количество залитого в систему масла,

падение давления масла в маслосистеме, которое при правильном показании манометра давления с достаточной для практического применения точностью может заменить столь громоздкий и неточный метод определения процентного содержания топлива в масле по вязкости при помощи вискозиметра.

Как показало исследование, у мотора М-82 падение давления масла в процессе разжижения строго следует за количеством введенного в него топлива.

На 1% увеличения в масле топлива, независимо от количества залитого в систему масла и начального его давления, давление снижается на $0,1 \text{ кг/см}^2$.

Таким образом давление масла к концу разжижения определится равенством

$$P_x = P_{\text{нач}} - \delta P, \quad (1)$$

где $P_{\text{нач}}$ — давление масла до разжижения;

$\delta P = 1,0 \div 1,2 \text{ кг/см}^2$ — падение давления масла до разжижения его топливом на 10—12%.

Указанное обстоятельство дало возможность провести дальнейшие исследования по разжижению масла, ориентируясь по падению давления масла. Средние значения процентного содержания топлива в масле для $G_{\text{ж}} = 40; 50$ и 74 л (см. табл. 1) были получены по падению давления масла с трех приемов без повторения.

Небольшой процент содержания топлива в масле, взятом из «пикирующего» отделения маслобака (см. табл. 1), объясняется незначительной циркуляцией масла в отсеке (практически полным отсутствием циркуляции)¹ при работе мотора на месте или полете самолета по горизонтали.

симо от того, что в систему при всех исследованиях заливалось свежее не бывшее в употреблении масло.

Содержание топлива в масле, взятом из основной полости маслобака, как это видно из таблицы, во всех случаях было примерно то же, что и во всей маслосистеме двигателя. Это указывает на интенсивную циркуляцию масла в основной полости маслобака вследствие ее негерметичности относительно колодца подогрева и «пикирующего» отделения.

В маслобаке, имеющем большую герметичность основной полости относительно колодца подогрева и «пикирующего» отделения, процент содержания топлива в масле соответственно снизился до 5,6% при среднем проценте содержания топлива в системе, равном 12,2% (см. экспериментальную точку на фиг. 9).

На фиг. 9 приведена кривая $\tau = f(G_{\text{ж}})$, дающая зависимость потребного времени открытия бензокрана от количества масла в маслосистеме.

Эта зависимость выражается в виде прямой, идущей в начало координат.

$$\tau = a \cdot \frac{G_{\text{ж}}}{G_{\text{т}}}, \quad (2)$$

где a — опытный коэффициент, зависящий от прокачки топлива через бензокран и от процентного содержания топлива в масле;

$a \approx 0,12$ для исследованной системы;

$G_{\text{ж}}$ — количество масла в маслосистеме в л;

$G_{\text{т}}$ — прокачка топлива через бензокран в л/мин.

Там же приведена прямая, подсчитанная по формуле ЛИИ, которая от формулы (2) отличается

Таблица 1

№ по пор.	Время открытия бензокрана	3 мин. 15 сек.			4 мин.			5 мин.			Примечание
	Количество масла в системе	40 л			50 л			74 л			
	Место взятия проб	E_{30}°	Процент топлива	Средний процент	E_{30}°	Процент топлива	Средний процент	E_{30}°	Процент топлива	Средний процент	
1	Маслоотстойник	7,75	10,8	11,4	7,4/14,35	11,3/3,8	12,0/3,0	7,34	11,5	10,8	В анамнестике приведено процентное содержание топлива в масле по пробам, взятым до открытия бензокрана
2	Радиатор	7,18	11,8		6,75/16,5	12,5/2,5		7,93	10,5		
3	Сливной кран	7,0	12,2		70,3/16,1	12,2/2,7		—	—		
4	Маслобак (основная полость)	7,85	10,6		—	—		—	8,02		
5	Маслобак („пикирующее“ отделение)	—	—	—	—	—	15,6	3,0	—		

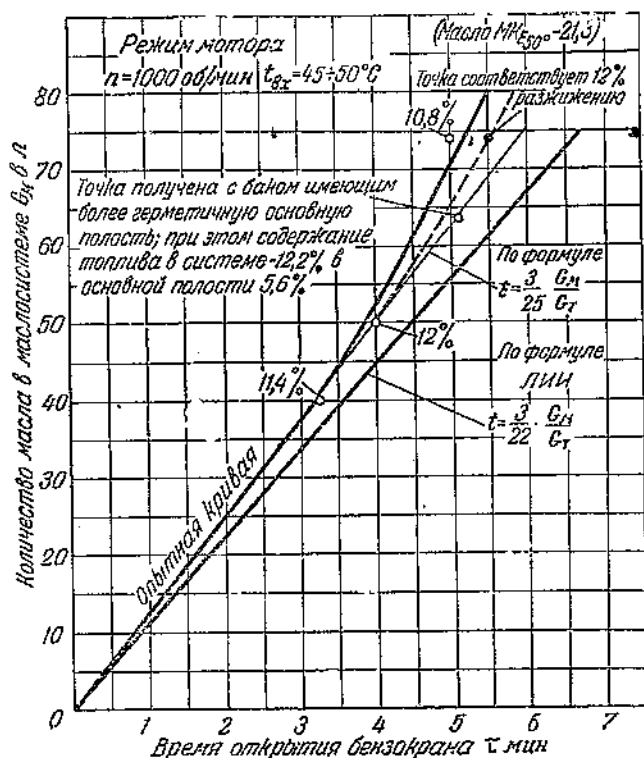
Пробы масла, взятые до открытия бензокрана, как это было отмечено вначале, показали наличие содержания в нем топлива в среднем 3%, незави-

¹ Отсутствие циркуляции масла относится не ко всему объему «пикирующего» отделения маслобака, а к части объема, расположенной ниже конца заборного шланга, поднятого выше дна «пикирующего» отделения на 125 мм.

только значением коэффициента a . Отклонение экспериментальной точки процентного содержания топлива в масле, соответствующей 74 л масла, следует отнести за счет неполного его разжижения до 12%.

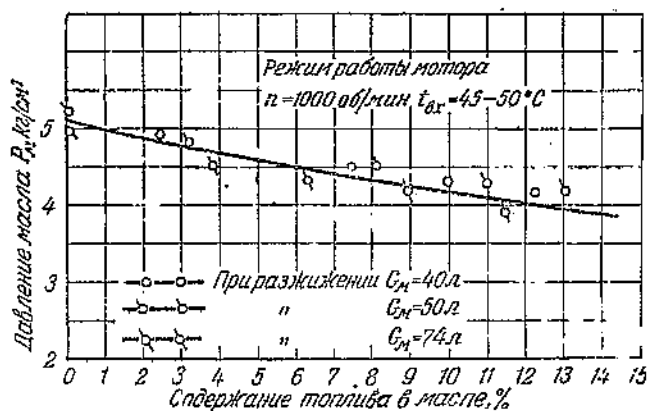
На фиг. 10 приведено падение давления масла в магистрали, полученное при исследовании, откуда видно, что разброс экспериментальных точек не

выходит за пределы точности эксперимента, поэтому без большой погрешности можно принять, что падение давления масла, независимо от количества его в системе и начального давления, происходит по прямолинейному закону.



Фиг. 9. Время открытия бензопрана в зависимости от количества масла в системе. Пробы масла взяты по средним значениям из маслоотстойника, маслобака (основная полость), радиатора и сливного крана.

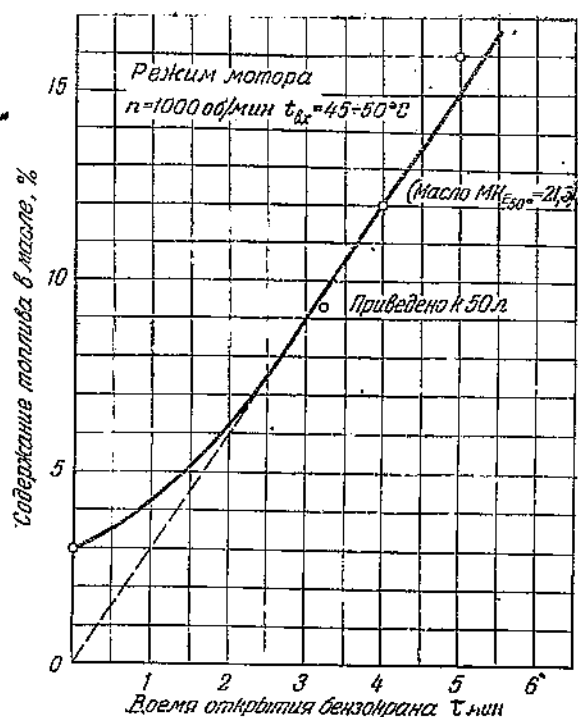
На фиг. 11 показана зависимость процентного содержания топлива в масле от времени открытия бензопрана (для одного и того же количества масла $G_m = 50$ л), из которой видно, что указанная зависимость, как и в первом случае $\tau = f(G_m)$, выражается в виде прямой, проходящей через начало координат.



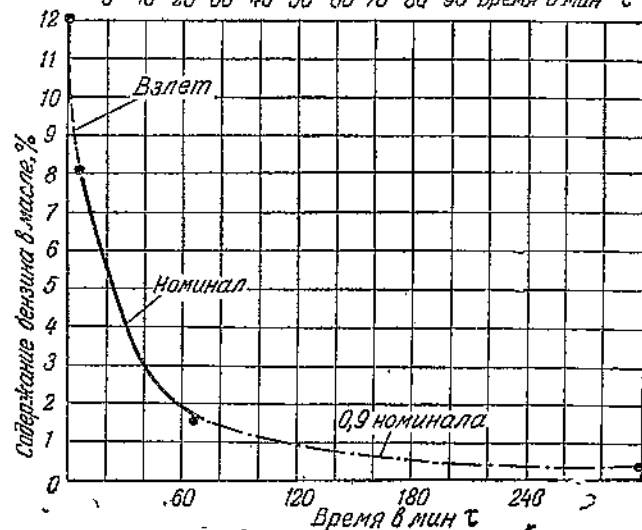
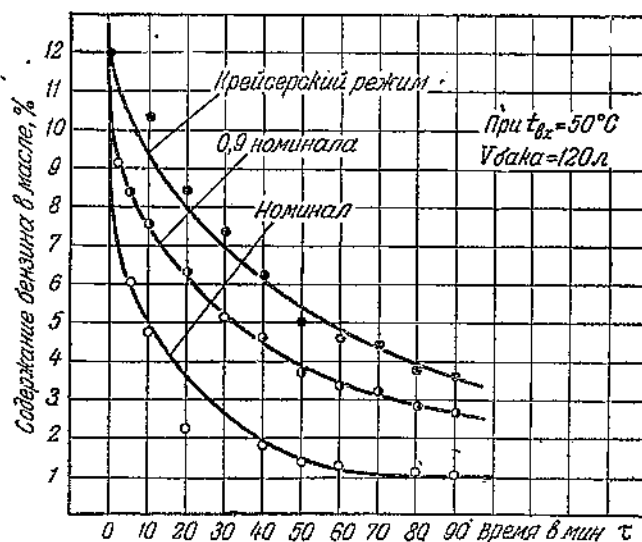
Фиг. 10. Падение давления масла в зависимости от процентного содержания в нем топлива.

Отклонение прямой на малых открытиях бензопрана и полном его закрытии следует отнести за счет остаточного (неиспарившегося) в масле топлива.

Прямая зависимость количества вводимого в масло топлива от количества масла в системе и за-



Фиг. 11. Процентное содержание топлива в масле в зависимости от времени открытия бензопрана. Пробы масла взяты по средним значениям из маслоотстойника, маслобака (основная полость), радиатора и сливного крана.



Фиг. 12. Испаряемость бензина из масла МК в зависимости от режима и времени работы мотора.

кономерность падения его давления при разжижении дала возможность разработать простую номограмму для определения времени открытия бензопрана с учетом и без учета испарения топлива из масла в зависимости от времени полета самолета (времени работы мотора).

Испарение топлива из масла происходит наиболее интенсивно в первые 20—30 мин. работы мотора, дальнейшее же испарение оставшихся в масле тяжелых фракций бензина по мере продолжения работы замедляется и примерно по истечении часа процесс испарения можно считать практически законченным.

На фиг. 12 приведены кривые испарения топлива из масла, полученные на моторе М-88Б, в зависимости от времени и режима его работы. Из указанных кривых следует, что чем напряженнее режим мотора и чем больше времени он работает, тем меньше остается топлива, введенного в масло при разжижении. За 5 мин. работы мотора на режиме взлета процент введенного в масло топлива с 12% снижается до 8% и после часа дальнейшей работы на режиме номинала доходит до 1,5%. Дальнейшее испарение топлива замедляется и протекает так, что кривая испарения асимптотически стремится к пределу, не достигая его.

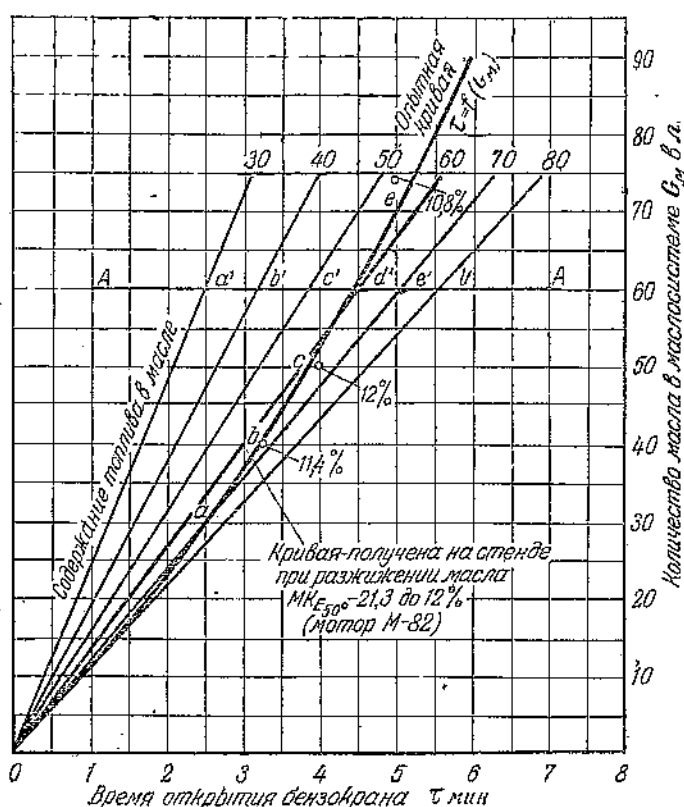
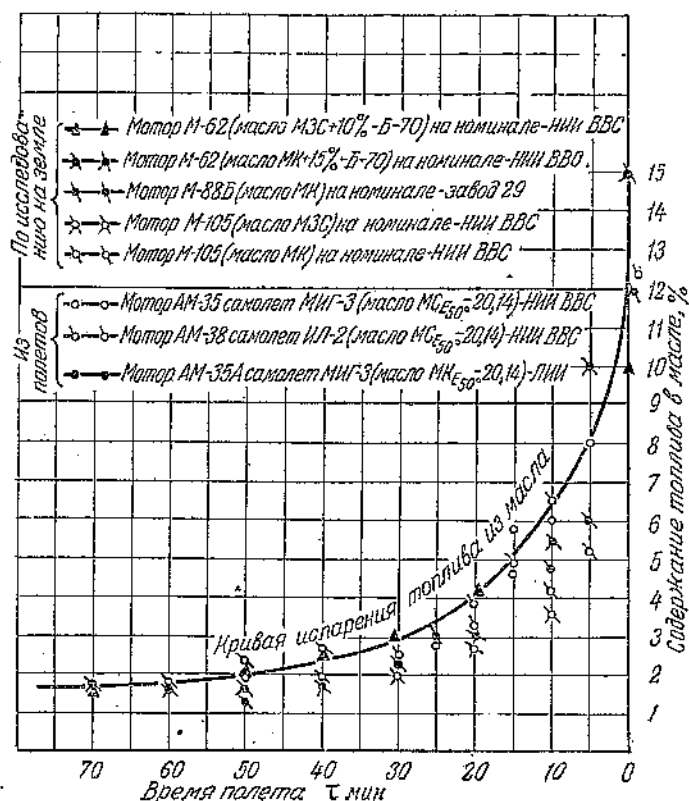
мости от времени полета самолета, независимо от сорта применяемого масла и режима работы мотора (взлет, номинал, крейсерский).

Справа приведена опытная кривая $\tau = f(G_m)$, определяющая время открытия бензопрана в зависимости от наличия в маслосистеме масла при разжижении его до 12%.

Там же нанесены прямые, определяющие процент содержания топлива в масле. Наклон этих прямых определяется путем перенесения с кривой $\tau = f(G_m)$ точек a, b, c, d, e и i на прямую А—А, соответствующую 12%, и соединения точек a', b', c', d', e' и i' с началом координат.

Кривая $\tau = f(G_m)$, приведенная на фиг. 13, в каждом отдельном случае может быть получена либо непосредственно из опыта путем отбора проб масла и последующим определением по вязкости процентного содержания в нем топлива¹, либо под-

считана по формуле $\tau = a \frac{G_m}{G_r}$, для чего достаточно будет определить только проливку топлива через бензопран с отсоединенным штуцером от смесителя, так как истечение топлива в масло можно считать (пренебрегая сопротивлением замкнутой системы) таким же, как истечение в атмосферу.



Фиг. 13. Слева—кривая испаряемости топлива из масла в зависимости от времени полета самолета справа—опытная кривая, определяющая время открытия бензопрана в зависимости от наличия масла в системе и при разжижении его до 12%.

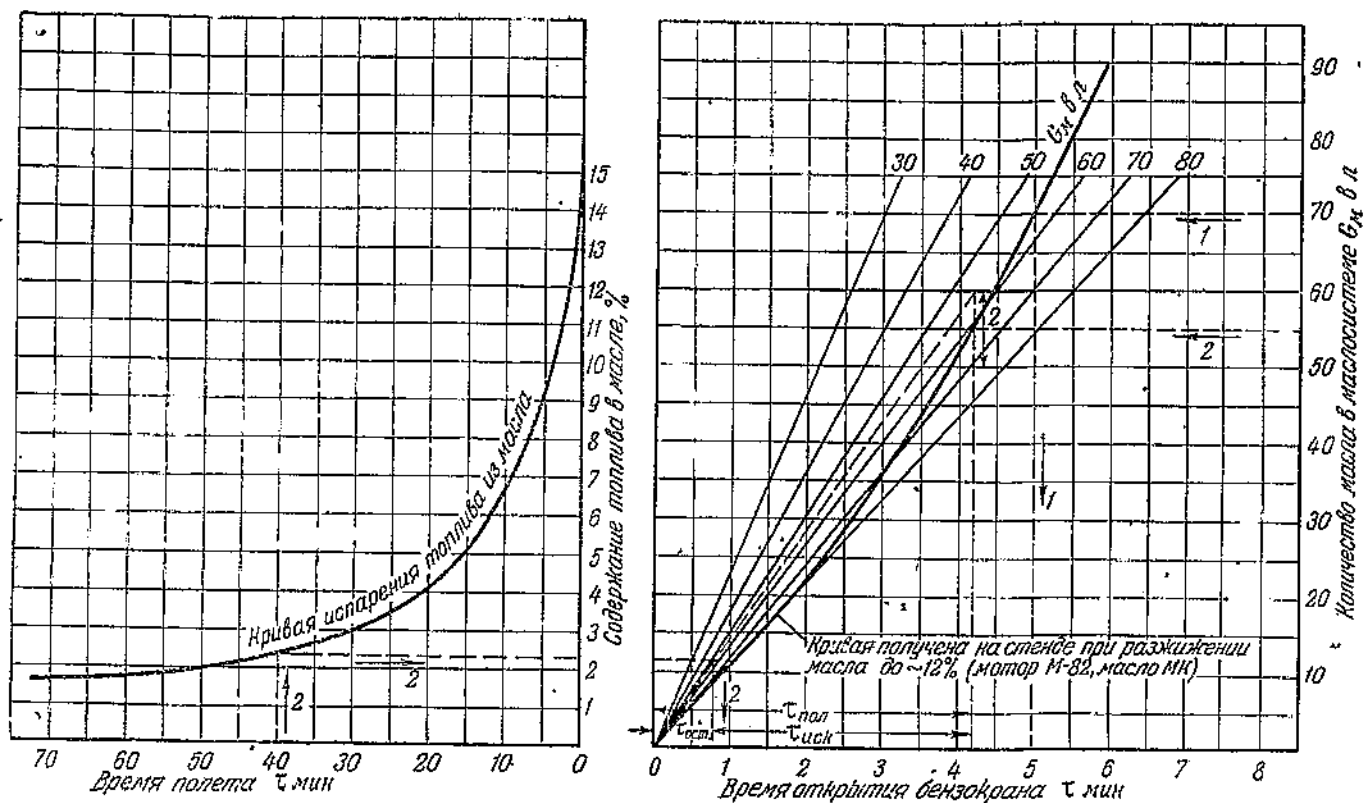
На фиг. 13 слева приведены опытные значения испарения топлива из масла в зависимости от времени полета, полученные для ряда моторов, установленных на самолеты, и моторов, испытанных в условиях стенда.

Исследования, как это видно из фиг. 13, дали сравнительно небольшой разброс точек, что дает основание нанести одну общую кривую, определяющую испаряемость топлива из масла в зависи-

Это допущение на конечный результат практически не будет иметь никакого влияния.

Таким образом, имея зависимость $\tau = f(G_m)$ для чистого масла и кривую испарения топлива из масла от времени полета, легко определить время

¹ При этом достаточно определить вязкость, соответствующую 12% содержания топлива для одного количества залитого в систему масла, и полученную точку соединить с началом координат.



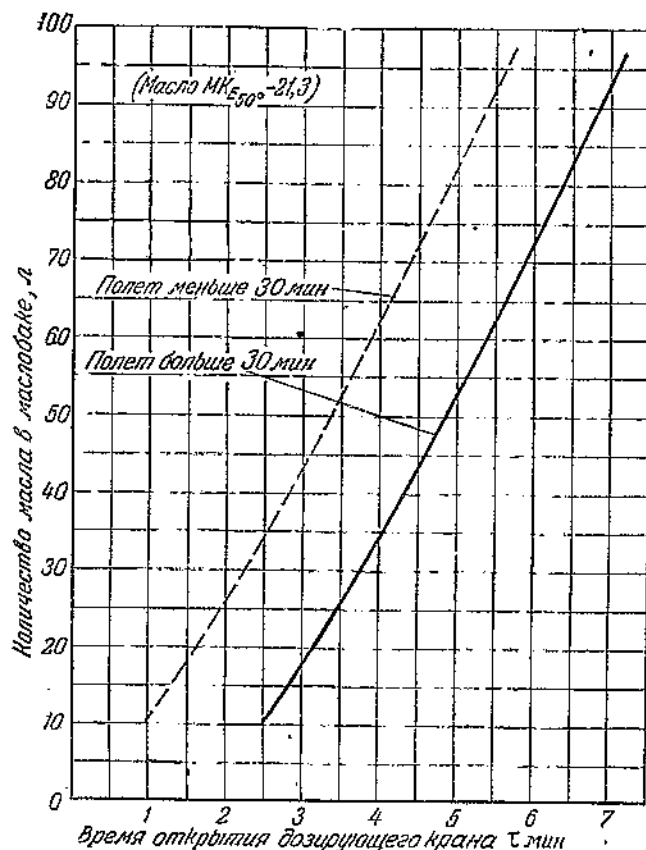
Фиг. 14. Номограмма для определения времени открытия бензокрана при разжижении масла.

Пример 1. Залито свежего масла $G_M = 70$ л. Время открытия бензокрана на разжижение до 12% по номограмме $\tau = 5$ мин.

Пример 2. Продолжительность полета $\tau = 40$ мин. Остаток масла в системе $G_M = 55$ л. Время открытия бензокрана на разжиже-

ние до 12% по номограмме $\tau_{иск} = \tau_{пол} - \tau_{ост} = 4$ мин. 12 сек. — 45 сек. = 8 мин. 27 сек.

Примечание. Открытие бензокрана производить при температуре масла на входе $t_{вх} = 45-50^\circ\text{C}$ и на оборотах мотора $n = 1000$ об/мин.



Фиг. 15. Время открытия бензокрана при разжижении в зависимости от количества масла в маслобаке.

открытия бензокрана при наличии оставшегося в системе масла с учетом неиспарившегося из него топлива.

На фиг. 14 приведена примерная номограмма для определения времени открытия бензокрана при разжижении как чистого, так и бывшего в употреблении масла.

Следует отметить, что, несмотря на простоту пользования номограммой (фиг. 14), практическое ее применение в зимних условиях на аэродроме может привести к некоторым неудобствам.

Определение количества залитого или оставшегося в системе масла производится через масломерное отверстие в маслобаке при помощи мерной рейки с делениями. Поэтому конечные результаты доводки системы разжижения на самолетном стенде или на самолете целесообразнее представить в виде сетки кривых $\tau = f(G_M \text{ в баке})$, определяющих время открытия бензокрана в зависимости от количества масла в маслобаке, подсчитанных при помощи номограммы для двух-трех значений времени полета, например, для 10; 20 и 30 мин. полета, или в виде двух кривых, приведенных на фиг. 15.

Сплошная кривая определяет время открытия бензокрана для свежего масла или масла, находящегося в употреблении свыше 30 мин., а пунктирная кривая для масла, бывшего в употреблении после разжижения меньше 30 мин. Конечные результаты, выраженные в таком виде, удобно ввести в инструкцию по эксплуатации маслосистемы данного типа самолета.

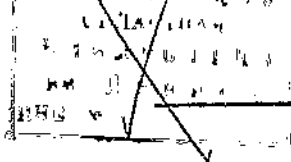
IV. ВЫВОДЫ

В результате проведенного исследования по разжижению масла топливом можно сделать следующие выводы:

1. В маслосистемах самолетов, оборудованных бензокранами, отработку системы разжижения масла топливом следует в каждом отдельном случае производить по описанной методике (раздел II данной работы).

2. Процесс разжижения можно производить, ориентируясь по падению давления масла в системе. При этом на каждый процент добавленного в масло топлива падение давления масла для мотора М-82 составляет около $0,1 \text{ кг/см}^2$.

3. Для определения потребного времени открытия бензокрана τ в зависимости от количества



масла в системе при его разжижении топливом до 10—12% достаточно нанести данные для одного количества масла и результат на графике $\tau = f(G_m)$ соединить с началом координат; прямая, полученная таким образом, с достаточной точностью для практического применения определяет зависимость $\tau = f(G_m)$.

4. В целях ускорения доводки системы разжижения зависимость $\tau = f(G_m)$ может быть также получена путем определения прокатки топлива через бензокран и последующим подсчетом по формуле (2).

5. Конечный результат по разжижению масла топливом следует выразить в виде кривых $\tau = f(G_m)$ в баке), подсчитанных по номограмме для двух-трех значений времени полета самолета.

пр. 487.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Краткое содержание	1
I. Введение	1
II. Лабораторный метод разжижения масла	3
III. Результаты исследования и анализ	5
IV. Выводы	11

—

Редактор *И. Г. Матросов*

Г250769. Подп. к печ. 27/XII 1943 г. Печ. лист 1 1/2. Уч.-изд. л. 1,6.
Тираж 1500. Тираж. зн. в печ. л. 40500. Цена 1 р. 50 к. Зак. 1/7696.

Типография Оборонгиза.