

НКАП СССР

ЦЕНТРАЛЬНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
АВИАЦИОННОГО МОТОРОСТРОЕНИЯ

им. П. И. Баранова



ТРУДЫ ЦИАМ

№ 77

В. Р. ЛЕВИН и А. М. КУШНЕРЮК

ИССЛЕДОВАНИЕ СУФЛИРОВАНИЯ АВИАЦИОННОГО МОТОРА

Республиканская
научно-техническая
библиотека

НКАП ОБОРОНГИЗ 1946

Д В П

ИССЛЕДОВАНИЕ СУФЛИРОВАНИЯ АВИАЦИОННОГО МОТОРА

ПРЕДИСЛОВИЕ

За последние годы дефекты масляной системы мотора стали весьма остро сказываться на сроках доводки мотора и винтомоторной группы самолета.

Одним из распространенных дефектов масляной системы мотора является выброс масла через суфлер.

Произведенные в ЦИАМ исследования и испытания позволили установить причины выброса масла и наметить средства борьбы с ним.

В большинстве случаев выброс масла является следствием повышенного проникновения паров и отработанных газов в картер мотора; последнее происходит из-за неплотного прилегания поршневых колец к гильзам цилиндров. В этом случае одним из средств борьбы с выбросом масла является, прежде всего, организация правильного суфлирования паров и отработанных газов.

Выработанные в процессе исследований и испытаний основные положения правильно организованного суфлирования сводятся к следующему.

Суфлируемые пары и газы должны быть удалены из полости, лишенной вращающихся деталей, в атмосферу сразу же по выходе их из основного картера мотора.

Суфлерная полость должна обладать достаточным объемом для лучшего отделения масла от паров и газов при их поступлении в суфлерную полость.

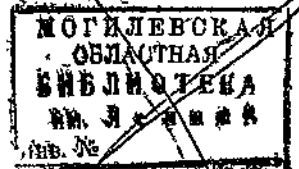
Эти положения являются основными для организации правильного суфлирования авиационного мотора, и ими следует руководствоваться при создании новых конструкций авиамоторов.

Авторами в излагаемой работе был использован большой и ценный опыт по устранению выброса масла, накопленный коллективом ОКБ, возглавляемым главным конструктором, доктором техн. наук, членом-корреспондентом Академии Наук СССР тов. Климовым В. Я.

Весьма ценную помощь авторам при анализе и обработке экспериментальных данных оказал доктор техн. наук, заслуженный деятель науки и техники РСФСР, профессор Поликовский В. И., которому авторы приносят глубокую благодарность.

Авторы выражают благодарность В. Я. Климову за ценные указания и замечания, которые им были сделаны при просмотре рукописи публикуемой работы.

Авторы



ПРОФЕРЕНА 1946

ПРОФЕРЕНА

Handwritten signature

Handwritten signature

кр 532

ВВЕДЕНИЕ

Нормальное или равновесное состояние масляного баланса авиационного мотора характеризуется тем, что количество нагнетаемого в мотор масла практически равно количеству откачиваемого масла¹.

При выбросе масла через суфлер масляный баланс нарушается вследствие того, что количество откачиваемого (возвращаемого в маслобак) масла уменьшается, в то время как количество нагнетаемого в мотор масла сохраняется неизменным.

Из вышеуказанного следует, что признаком, предсказывающим появление выброса масла, должно быть уменьшение количества масла, находящегося в маслобаке или, что то же, уход масла из бака в мотор.

При нормальном масляном балансе давление отработанных газов, паров топлива и воздуха, проникающих через поршневые кольца из цилиндров мотора в его картер и насыщенных масляными парами и каплеобразным маслом, несколько отличается от атмосферного (окружающего мотор) давления воздуха и, как показывает опыт, колеблется в пределах от 10 до 50 мм рт. ст. избыточного давления.

Чрезмерно повышенное давление паров и газов в картере мотора является также признаком, предсказывающим появление выброса масла через суфлер.

Явление выброса масла рисуется следующим образом.

По какой-либо причине происходит ухудшение отсоса масла из мотора и, как следствие этого, его уход из бака, что приводит к переполнению всех или части масляных полостей картера маслом.

При наличии в моторе быстровращающихся деталей и непрерывного притока паров и отработанных газов происходит интенсивное образование в нем масляной эмульсии и пены.

Образовавшаяся масляная пена и эмульсия заполняют суфлерную полость мотора и воздухопроводящие каналы, по которым должно происходить движение суфлируемых паров и газов, и затрудняют тем самым удаление последних из картера мотора в атмосферу.

Постоянный прорыв газов в картер мотора через поршневые кольца создает в нем чрезмерно повышенное давление суфлируемых паров и газов. Силой этого давления скопившиеся в суфлерной полости и воздухопроводящих каналах масляная пе-

на и эмульсия выталкиваются (выбрасываются) через суфлер в атмосферу.

Выброс масла можно устранить увеличением производительности откачивающих масляных помп, имеющихся на моторе, или установкой на моторе дополнительных помп для откачки масла из тех маслоборных полостей мотора, в которых наблюдается повышенное образование масляной пены и эмульсии.

Чаще всего ухудшение отсоса масла связано с увеличением количества удаляемых из картера мотора паров воздуха, топлива и отработанных газов, проникающих в картер мотора вследствие неплотного прилегания поршневых колец к стенкам гильз. В этих случаях оказывается возможным бороться с выбросом масла организацией правильного суфлирования паров и отработанных газов.

Кроме выброса масла, вызванного нарушением равновесия масляного баланса у авиационных моторов, имеет место «вынос» масла, иногда называемый каплевым выбросом масла.

Суфлируемые пары воздуха и газов смешиваются внутри картера мотора с мелко распыленным (пульверизованным) маслом и увлекают последнее при своем движении в атмосферу.

Количество каплеобразного масла, выносимого в атмосферу, как показывает опыт, колеблется в пределах от 5 до 50 г/мин и зависит, в частности, от количества суфлируемых паров воздуха и отработанных газов.

Явление выноса масла подлежит специальному исследованию.

Данная работа посвящена рассмотрению условий организации правильного суфлирования паров и газов как одного из средств борьбы с выбросом масла.

I. Суфлирование и факторы, влияющие на него

Целью суфлирования является удаление из картера мотора в атмосферу отработанных газов, паров топлива и воздуха, постоянно проникающих в картер из цилиндров.

Достаточно интенсивное удаление паров и газов из картера мотора необходимо главным образом для того, чтобы избежать чрезмерно повышенного давления в картере мотора, часто являющегося причиной течей масла по стыкам и разъемам мотора.

В частности установка нескольких суфлеров на моторах Аллисон и Гаккард связана с необходимостью снижения давления в ряде полостей мотора (например, в полости размещения распределительных валиков и нагнетателя).

Специальный эксперимент, произведенный в ЦИАМ, показал, что у рядного мотора жидкост-

¹ Расходом масла двигателем за счет сгорания пренебрегаем ввиду его относительной малости. Расход масла для современных авиамоторов колеблется в пределах от 6 до 12 кг/час или от 0,1 кг/мин до 0,2 кг/мин. Прокатка (циркуляционный расход) масла в среднем составляет 60 кг/мин. Относительное значение расхода масла мотором в масляном балансе мотора составляет таким образом около 0,3%.

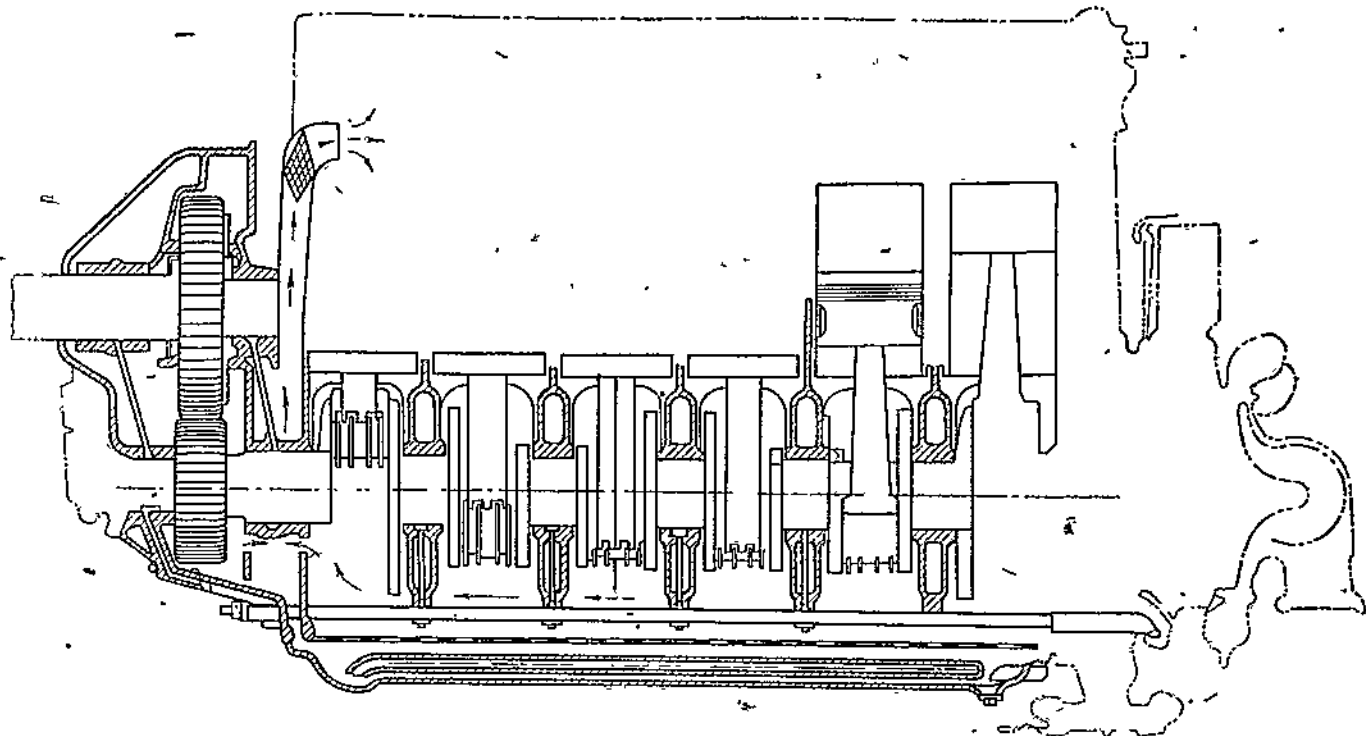
ного охлаждения увеличение давления в картере по сравнению с атмосферным на 300 мм рт. ст. привело к очень сильным течам масла по всем стыкам и разъемам картера мотора.

Исследования и опыт эксплуатации моторов показывают, что количество перетекающих газов и паров из цилиндров в картер зависит главным образом от величины наддува мотора и плотности прилегания поршневых колец к гильзе цилиндра.

Ухудшение плотности прилегания колец к гильзе приводит к сильному возрастанию количества

Увеличение числа оборотов мотора приводит к усилению барботажа масла, т. е. к большему насыщению масла парами воздуха и отработанными газами.

Суфлируемые пары и газы на пути своего движения сильно насыщаются парами масла. Это вызывает необходимость их обезмасливания, т. е. организации такого суфлирования, при котором произошло бы возможно более полное отделение масла от паров и отработанных газов еще до удаления последних из мотора.



Фиг. 1. Схема правильно организованного суфлирования авиационного мотора.

суфлируемых паров и газов. Например, при быстром износе поршневых колец или при потере ими упругости происходит ухудшение плотности прилегания колец к гильзе и возрастание количества газов и паров, проникающих в картер мотора.

Повышение наддува мотора приводит к увеличению количества суфлируемых паров и газов вследствие возрастания давлений в цилиндре и ухудшения плотности прилегания колец к гильзам.

При повышении температуры масла также увеличивается количество паров и отработанных газов, просачивающихся через поршневые кольца. Объясняется это тем, что масло заполняет места неплотного прилегания поршневых колец к гильзе и противодействует чрезмерному прорыву отработанных газов и паров топливной смеси в картер мотора. Чем выше температура масла, тем меньше его вязкость, и, следовательно, тем меньшее противодействие оказывает масло прорыву паров и отработанных газов.

Повышение температуры масла приводит к увеличению его склонности к пенообразованию и вызывает увеличение прокачки масла через мотор и уменьшение производительности откачивающей помпы.

С высотой давление в картере мотора понижается, что приводит к увеличению удельного объема суфлируемых паров и отработанных газов и к повышенному пенообразованию масла в моторе.

II. Условия правильно организованного суфлирования

Удаление паров и газов через суфлер в атмосферу должно производиться из суфлерной полости, лишенной вращающихся деталей, которые вызывают барботаж масла. Желательно также, чтобы сливы масла в суфлерную полость не производились.

Немаловажное значение для отделения масла от отработанных паров и газов имеет величина объема суфлерной полости, так как резкое уменьшение (в несколько раз) скорости движущейся масляной пены и эмульсии в большом свободном объеме способствует быстрому и лучшему отделению масла от паров рабочей смеси и от отработанных газов.

Суфлерная полость должна располагаться в линии движения паров и отработанных газов таким образом, чтобы последние не проходили через объемы, заполненные маслом и масляной эмульсией.

Пары воздуха и топлива и отработанные газы при своем движении в атмосферу не должны скапливаться в местах расположения маслозаборных трубок откачивающих помп.

На фиг. 1 изображена схема правильно организованного суфлирования паров и отработанных газов.

Такая схема позволяет организовать хорошее очищение картера от паров и отработанных газов,

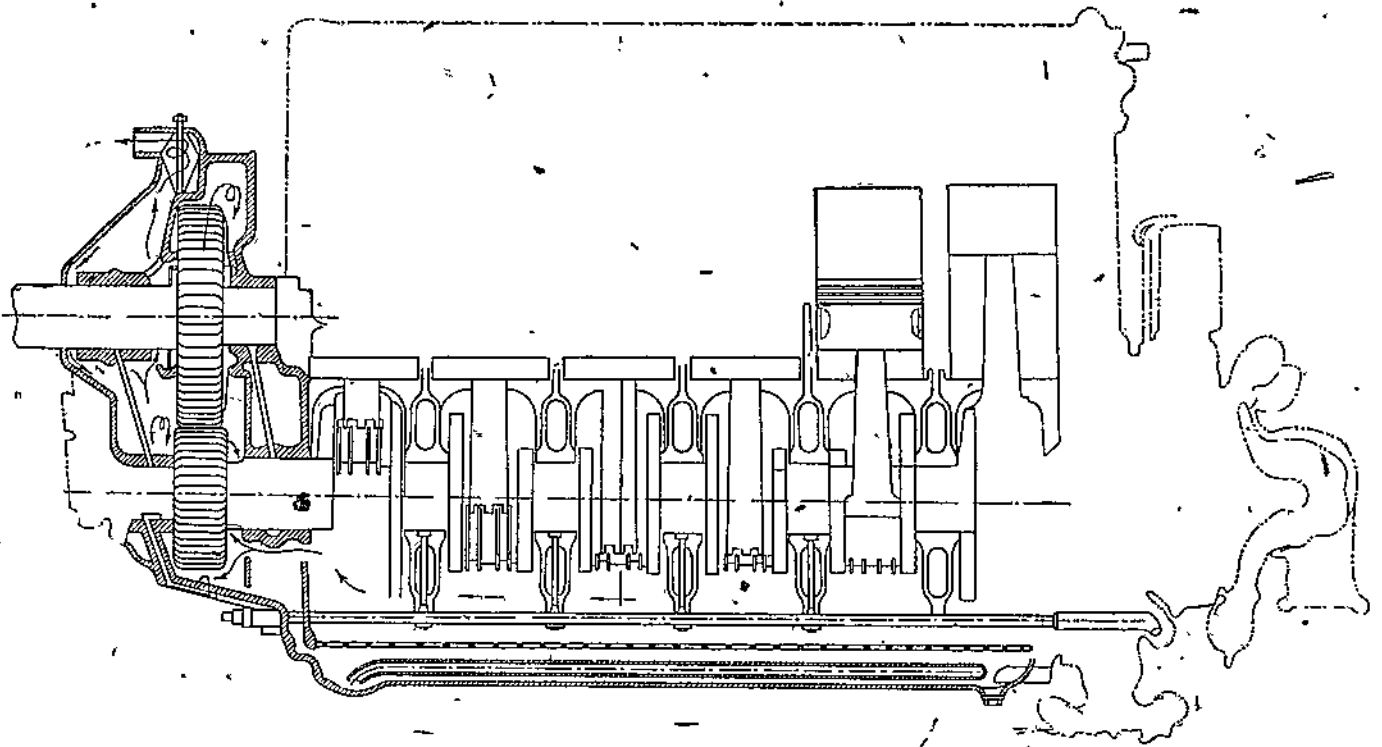
так как суфлируемые пары и газы по их выходе из картера в дальнейшем, на пути своего следования, не соприкасаются со сливающимся маслом и не участвуют в последующем барботаже масла. (Движение суфлируемых паров и отработанных газов в картере мотора показано на всех схемах стрелками.)

В некоторых конструкциях моторов суфлер и суфлерная полость располагаются в картере редуктора мотора в непосредственной близости от его быстро вращающихся шестерен, являющихся источником барботажа масла.

В маслоуловительном бачке желательно иметь пеногасительную сетку (фиг. 22).

Для подтверждения вышеизложенных положений правильно организованного суфлирования было решено произвести необходимые экспериментальные исследования на рядном моторе жидкостного охлаждения.

Схема суфлирования рядного мотора не удовлетворяла требованиям правильно организованного суфлирования по той причине, что суфлерная полость в моторе расположена в картере редуктора, т. е. в непосредственной близости (см. фиг. 6) от



Фиг. 2. Схема неправильно организованного суфлирования авиационного мотора.

Подобная схема суфлирования изображена на фиг. 2.

Такое расположение суфлера и суфлерной полости следует признать неправильным: суфлируемые пары и газы, проходя через картер редуктора, при наличии в нем интенсивного барботажа и слива масла, вызывают ненормально повышенное пенообразование, которое приводит к выбросу масла через суфлер.

На фиг. 3 изображена схема неправильно организованного суфлирования, ранее применявшаяся на некоторых авиамоторах. Эта схема не удовлетворяет основному условию правильно организованного суфлирования: в ней отсутствует суфлерная полость, в которой должно производиться отделение масла от воздуха и газов.

Поэтому в случае возникновения повышенного пенообразования в картере мотора очень часто при этих схемах суфлирования происходит выброс масляной пены и эмульсии через суфлер.

У некоторых моторов по конструктивным соображениям оказывается невозможным иметь суфлерную полость достаточного объема.

В этом случае неизбежным становится применение маслоуловительного бачка (фиг. 19 и 20), который улавливает выбрасываемые через суфлер мотора масляную эмульсию и пену и отделяет масло от воздуха и отработанных газов.

его быстро вращающихся шестерен, вызывающих сильный барботажа масла в картере редуктора.

III. Методика экспериментальных исследований

Экспериментальные исследования производились на двух моторах одного и того же типа.

В первом этапе работы исследования производились на моторе, у которого наблюдался выброс масла до вывода мотора на номинальный режим; во втором этапе исследования производились на моторе, у которого при нормальных условиях работы выброса масла не наблюдалось и его появление на моторе вызывалось принудительным (искусственным) способом.

По техническим данным оба мотора удовлетворяли нормам технических условий на их поставку.

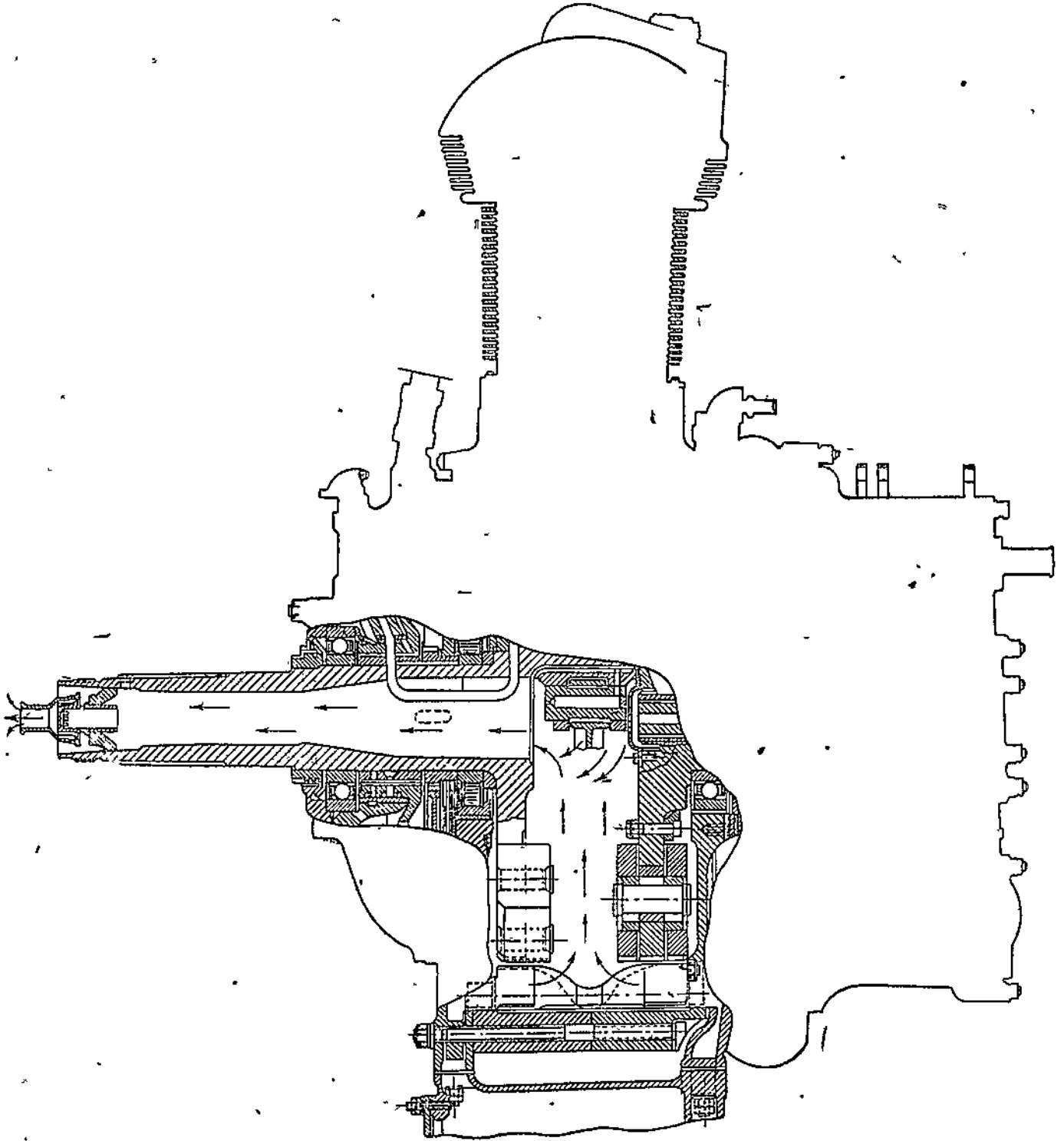
Испытания обоих моторов производились на масле МК, имевшем вязкость $3,2^{\circ}E$ при $100^{\circ}C$. Общее количество масла во всей системе мотора и испытательного стенда составляло 51 кг; из этого количества масла в масляном бачке находилось 26 кг.

Нормальное сопротивление маслооткачивающей магистрали составляло $1,4 \text{ кг/см}^2$.

Циркуляционный расход (прокачка) масла определялся по двум специально тарированным бакам. По баку большей емкости (40 л) определялась производительность нагнетающей помпы, а по баку малой емкости (16 л) определялась производительность откачивающих помп.

Время замера прокачки масла колебалось от 9 до 12 сек.; а количество замеряемого масла от 10 до 12 л.

Давление паров и отработанных газов в картере мотора замерялось при помощи специально изготовленных водяных пьезометров с трубками сече-

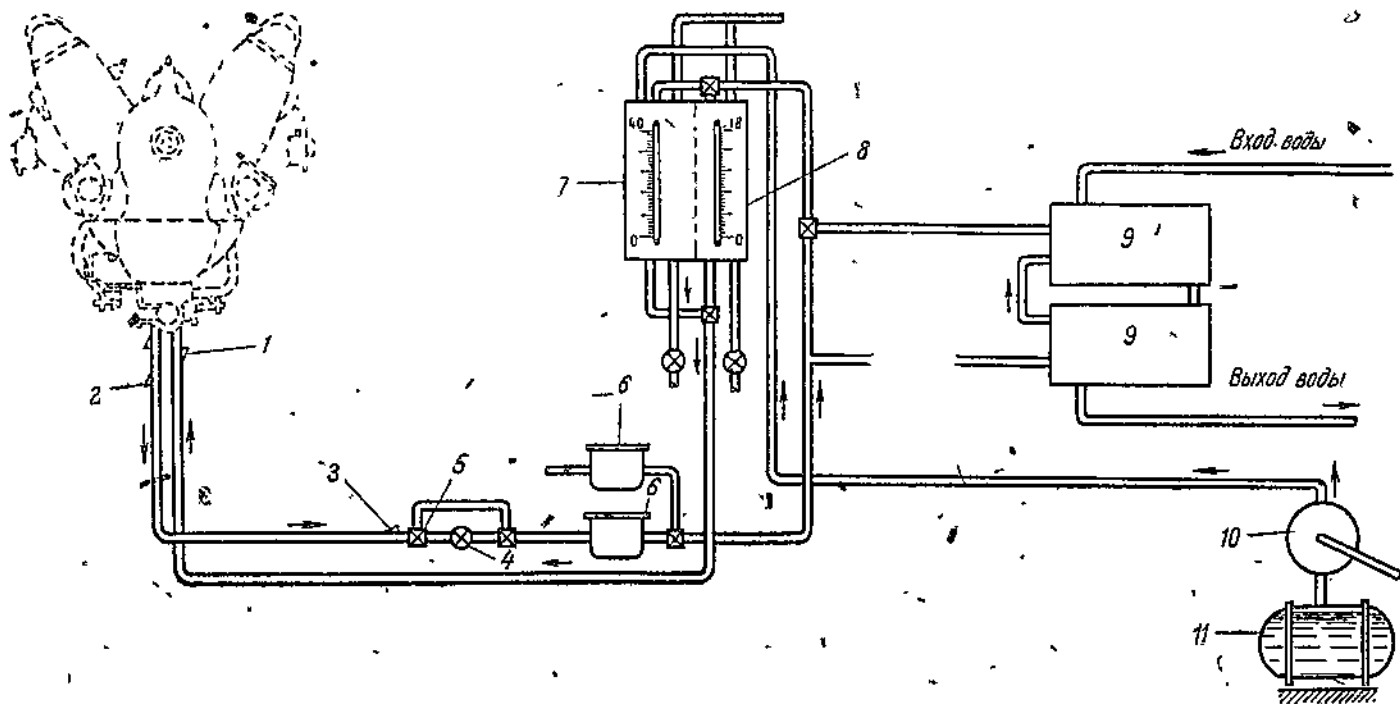


Фиг. 3. Схема неправильно организованного суфлирования авиационного мотора.

Отсчет уровней производился по движущемуся мениску масла, наблюдаемому в стеклянной трубке маслобака. Весовым способом периодически производилась контрольная проверка правильности замера циркуляционного расхода (прокачки) масла.

нием 8×10 мм, соединенными с картером посредством воздушных демпферов, выполненных в виде полых стальных бочат.

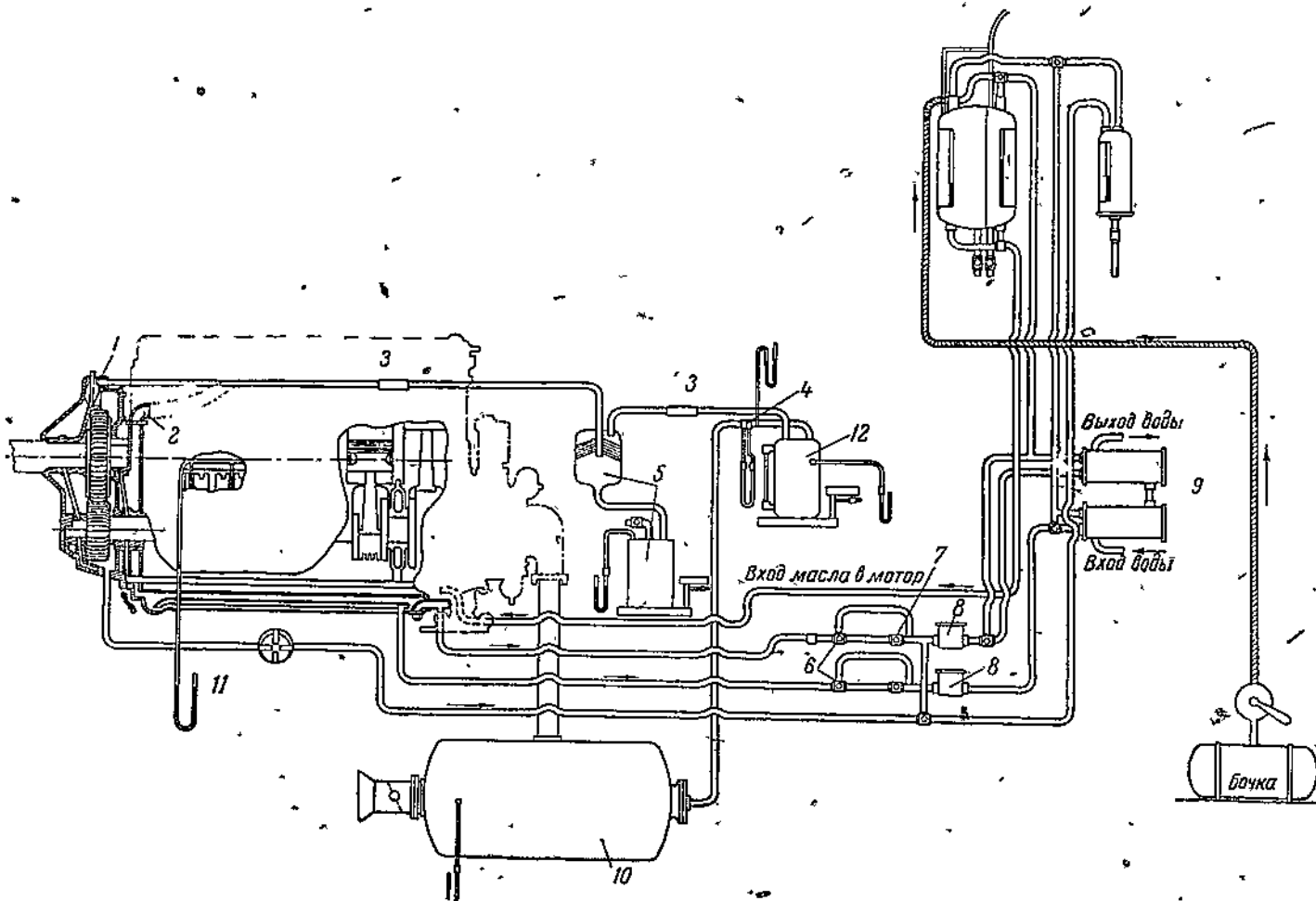
Для большей надежности производимых замеров давлений суфлируемых паров и газов пьезометрические трубки проверялись на герметичность



Фиг. 4. Масляная схема испытательного стенда при исследовании выброса масла (первый этап работы).

1—место замера температуры входящего в мотор масла; 2—место замера температуры выходящего из мотора масла; 3—место замера давления масла на выходе его из мотора; 4—дрессельный

кран; 5—редукционный клапан; 6—масляные фильтры; 7—масляный бак емкостью 40 л; 8—масляный бак емкостью 18 л; 9—водо-масляные радиаторы; 10—насос; 11—бочка с маслом.



Фиг. 5. Схема установки для исследования выброса масла (второй этап работы).

1—положение суфлера при схеме суфлирования 1; 2—положение суфлера при схеме суфлирования 2; 3—смотровые стеклянные трубки; 4—диафрагма для замера количества суфлируемых паров и газов; 5—бачки для улавливания и определения количества масла, выброшенного через суфлер мотора; 6—редукционный клапан;

7—дрессельный кран; 8—фильтр; 9—водо-масляные радиаторы; 10—резервуар (бочка); 11—пьезометр для замера давления в картере через инжекторные колоры; 12—бачок для улавливания масла, уносимого парами воздуха и отработанными газами.

при каждом замере в отдельности и продувались сжатым воздухом при работающем моторе.

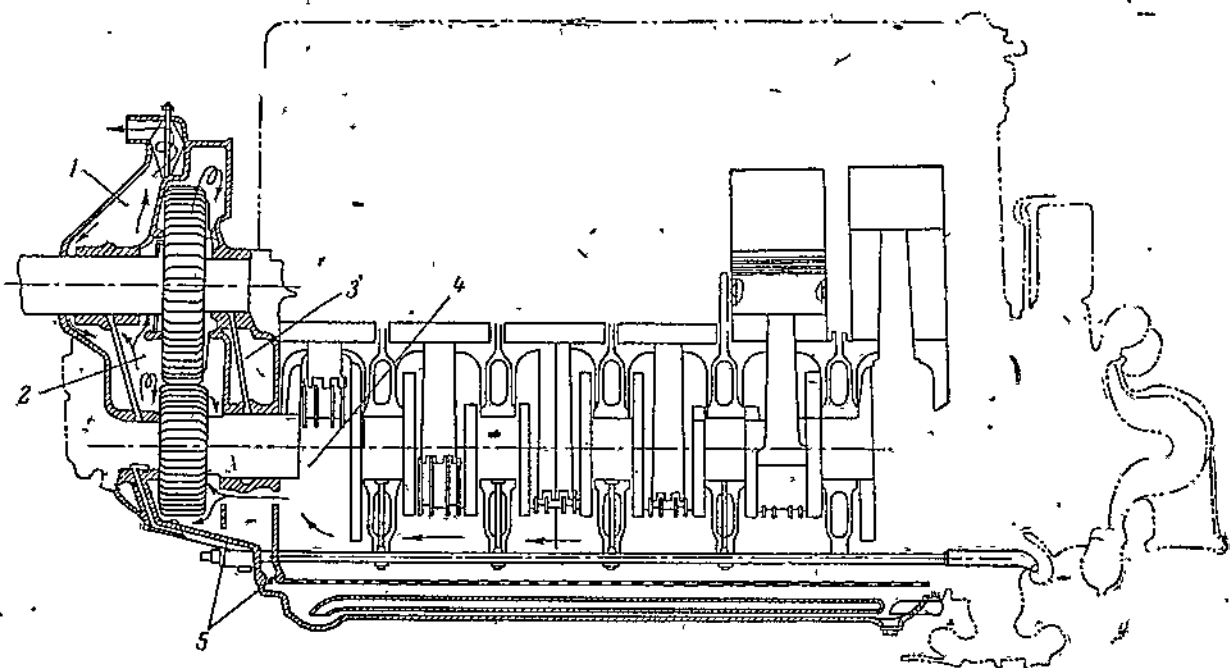
Измерения давлений производились несколько раз с целью получения более правильных показателей во время производимых замеров.

Давления масла в главной нагнетающей и откачивающей магистралях замерялись нормальными бортовыми манометрами типа Бурдон, специально тарированными для данных испытаний. Температура воды и масла, входящих в мотор и выходящих из него, замерялась специально тарирован-

ственно путем создания разрежения в картере мотора.

Наблюдения за появлением выброса масла через суфлер, по мере увеличения разрежения в картере, производились через стеклянную трубку, установленную на линии расположения маслоуловительного бачка. Для лучшего наблюдения стеклянная трубка подсвечивалась электролампочкой.

Определение количества выброшенного масла через суфлер производилось путем взвешивания масла, уловленного маслоуловительным бачком за



Фиг. 6. Схема суфлирования 1.

1—верхняя полость суфлера; 2—нижняя полость суфлера; 3—межкартерная полость или вторая связь картера; 4—первый отсек картера; 5—сливной масляный канал.

ными дистанционными аэротермометрами с точностью показаний $\pm 0,5^\circ \text{C}$!

Во втором этапе работы дополнительно производились замеры давлений в картере мотора через отверстия инжекторных колонок.

Экспериментальные исследования по времени были разбиты на два этапа.

Испытания мотора в первом этапе работы велись при схеме оборудования установки, показанной на фиг. 4.

В первом этапе работы определялось наличие выброса масла через суфлер в зависимости от температуры входящего в мотор масла.

Критерием эффективности испытывавшейся схемы суфлирования служили абсолютные значения температуры выходящего масла, при которых появлялся выброс масла, наблюдаемый визуальным способом.

Выброс масла через суфлер отмечался по появлению масляной эмульсии из суфлера.

Схема маслосистемы испытательной установки, оборудованной для проведения исследований по программе второго этапа работы, изображена на фиг. 5.

Суфлер мотора по этой схеме соединялся трубой сечением $34 \times 36 \text{ мм}$ с ресивером. Между ресивером и суфлером включался маслоуловительный бачок емкостью 24 л. Выброс масла вызывался искус-

определенный промежуток времени, который составлял обычно 10 мин.

Оценка интенсивности выброса масла производилась по количеству масла, выброшенного за 1 мин.

Для измерения количества суфлируемых паров и газов в трубопровод, соединяющий маслоуловительный бачок с ресивером, была включена диафрагма диаметром 20 мм.

Перепад давлений в диафрагме изменялся от 38 до 500 мм вод. ст.

Испытания производились, как правило, на номинальном режиме работы мотора ($n=2700 \text{ об/мин.}$, $P_n=1050 \text{ мм рт. ст.}$).

Температура входящего масла изменялась в диапазоне от 40 до 90°C .

Каждой экспериментальной точке, заносившейся в таблицу результатов испытания, соответствовало среднее значение из трех-четырех произведенных замеров.

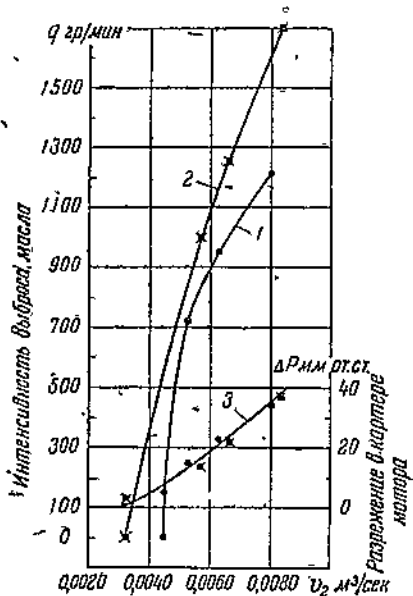
Общая продолжительность замеров в одной экспериментальной точке, соответствующей определенной температуре входящего масла, составляла 5—8 мин., а интервалы между отдельными замерами составляли 1—2 мин.

Замеры при каждом значении температуры входящего масла производились после 6—7 мин. устойчивой работы мотора.

IV. Исследование влияния количества отработанных газов и паров воздуха на выброс масла

Ранее существовавшая на экспериментируемом моторе схема суфлирования способствовала явлению выброса масла через суфлер мотора (фиг. 6, схема суфлирования 1).

При суфлировании, протекавшем по схеме 1, было исследовано влияние на выброс масла через суфлер количества суфлируемых паров и газов, температуры входящего масла и числа оборотов мотора по его винтовой характеристике.



Фиг. 7. Изменение интенсивности выброса масла в зависимости от количества суфлируемых паров и отработанных газов при схеме суфлирования 1.

Режим работы мотора.

Номинальный $n = 2700$ об/мин., $p_k = 1030$ мм рт. ст.
 1—при температуре входящего масла, равной 60°C .
 2—при температуре входящего масла, равной 85°C .
 3—разрежение в картере мотора.

Вследствие того что давление в картере мотора резко отличается по своей величине от давления в цилиндре, понижение давления в картере двигателя мало влияет на увеличение весового количества отработанных газов, перетекающих через поршневые кольца из цилиндров в картер.

Объемное же количество газов возрастает при понижении давления обратно пропорционально отношению величин давлений газов в картере мотора. В таком же отношении возрастают и скорости движения суфлируемых газов.

Увеличение объемного количества газов в картере мотора приводит к повышенному образованию в нем пены и масляной эмульсии, а увеличение скорости движения суфлируемых паров и газов вызывает увеличение количества масла, увлекаемого суфлируемыми газами при их следовании в атмосферу.

Интенсивное образование масляной пены приводит к нарушению нормального слива масла из картера редуктора, так как по сливному каналу (фиг. 6) в масляный поддон мотора начинает стекаться не масляная эмульсия, а масляная пена. Это вызывает непрерывное накапливание в картере редуктора излишков стекаемого с подшипников и форсунки масла в виде масляной пены и эмульсии.

Возросшая интенсивность пенообразования масла приводит к быстрому заполнению пеной всего объема картера редуктора и к повышению давления как в картере редуктора, так и особенно в картере мотора. Повышение давления в картере мотора происходит до такой величины, при которой скопившиеся в картере редуктора масляная пена и эмульсия силой давления суфлируемых паров и газов, находящихся в картере мотора, выбрасываются через суфлер.

Результаты испытаний по определению влияния пониженного давления в картере мотора на выброс масла приведены в табл. 1 и на фиг. 7.

Из фиг. 7 видно, что по мере понижения давления в картере мотора и соответственного увеличения объемного количества суфлируемых паров и газов количество выбрасываемого масла, как этого следовало ожидать, растет чрезвычайно быстро.

Выброс масла наблюдался во время экспериментов уже при разрежении в картере мотора, равном 15 мм рт. ст., или при количестве суфлируемых паров и газов, равном $0,0056 \text{ м}^3/\text{мин}$. В этом случае интенсивность выброса масла составляла $720 \text{ г}/\text{мин}$.

При разрежении в картере мотора, равном 34 мм рт. ст., или при количестве суфлируемых паров и газов, равном $0,008 \text{ м}^3/\text{мин}$, интенсивность выброса масла возросла до $1215 \text{ г}/\text{мин}$.

Таблица 1

Результаты испытания по определению выброса масла в зависимости от количества суфлируемых паров и отработанных газов (при схеме суфлирования 1)

Величина разрежения, мм рт. ст.			Количество газов и паров $\text{м}^3/\text{сек}$	Количество выброшенного масла $\text{кг}/\text{мин}$	Температура входящего масла $^\circ\text{C}$	Температура выходящего масла $^\circ\text{C}$	Прокатка масла $\text{кг}/\text{мин}$	Теплоотдача в масло $\text{кал}/\text{мин}$	Давление масла в главной магистрали $\text{кг}/\text{см}^2$
в картере редуктора	в маслоуловительной бачке	в ресивере (бачке)							
5	16,9	24	0,00453	0	55	105	46,5	—	5,4
14,7	30,1	35	0,00514	720	60	104	47,6	1024	5,0
22,6	44	53	0,00617	950	60	103	48,8	1048	5,0
33	72	82	0,00805	1215	60	103	49,6	1066	5,0
3	10,6	15	0,00326	0	85	120	49,6	819	3,1
13,3	32	35	0,00569	988	85	120	52,5	906	3,1
21,9	48,5	55	0,00664	1250	85	120	53,0	929	3,05
38,6	63,3	82	0,00838	1700	85	119	54,5	914	3,1

Увеличение количества суфлируемых паров и отработанных газов, проникающих из цилиндров в картер, в такой же мере вызывает явление выброса масла, как и возрастание объемного количества паров и газов, происходящее по мере увеличения высоты полета самолета.

Из опыта ОКБ Главного конструктора г. Климова В. Я. следует, что по мере повышения давления в картере, т. е. по мере увеличения количества суфлируемых паров и газов, интенсивность выброса масла резко возрастает (фиг. 8).

Увеличение количества суфлируемых паров и газов и выброс масла часто наблюдаются при повышении наддува мотора вследствие неудовлетворительной работы поршневых колец.

Поэтому при неправильно организованном суфлировании следует обращать особо тщательное внимание на работу поршневых колец; даже при незначительном ухудшении условий их работы происходит сильное возрастание количества отработанных газов, проникающих из цилиндров в картер мотора.

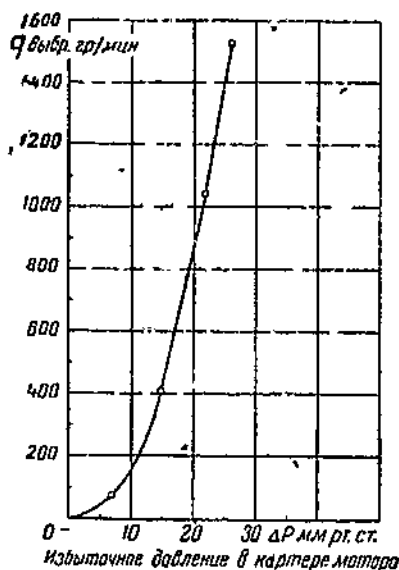
Схема правильно организованного суфлирования (схема 2), осуществленная на экспериментальном моторе, изображена на фиг. 9.

При суфлировании, протекавшем по схеме 2, суфлируемые пары и газы в виде пенообразной массы движутся из картера мотора в межкартерную полость (вторая связь картера) и далее в атмосферу; при этом в межкартерной полости происходит отделение масла от паров и отработанных газов вследствие отсутствия в ней барботажа масла и понижения скорости движения масляной пены.

Из межкартерной полости отработанные газы и пары удаляются через суфлер с весьма малым масляным насыщением.

Результаты исследования схемы суфлирования 2 представлены в табл. 2 и на фиг. 10.

При разрежении, равном 54 мм рт. ст., или при количестве суфлируемых паров и газов $V_r = 0,007 \text{ м}^3/\text{сек}$ в маслоуловительном бачке осаждалось масло в количестве 6,5 г/мин, а при разрежении, равном 223 мм рт. ст., или при $V_r = 0,017 \text{ м}^3/\text{сек}$ масло осаждалось в количестве 25 г/мин. При температуре входящего в мотор



Фиг. 8. Изменение интенсивности выброса масла в зависимости от величины избыточного давления в картере мотора (по материалам ОКБ главного конструктора В. Я. Климова).

масла, равной 85°C , и при разрежении в картере, равном 203 мм рт. ст., или количестве газов $V_r = 0,016 \text{ м}^3/\text{сек}$ обычного выброса масла также не наблюдалось, но в маслоуловительном бачке масло осаждалось в количестве 45 г/мин вследствие того, что не удалось добиться полного отде-

Таблица 2

Результаты испытаний по определению выброса масла в зависимости от количества суфлируемых паров и отработанных газов при схеме суфлирования 2

Величина разрежения, мм рт. ст.			Количество газов и паров $\text{м}^3/\text{сек}$	Количество выброшенного масла $\text{г}/\text{мин}$	Температура входящего масла $^\circ\text{C}$	Температура выходящего масла $^\circ\text{C}$	Прокатка масла $\text{кг}/\text{мин}$	Теплоотдача в масло $\text{кал}/\text{мин}$	Давление масла в главной магистрали $\text{кг}/\text{см}^2$
в картере редуктора	в маслоуловительном бачке	в ресивере (бачке)							
10	20	20	0,0047	0	60	105	50	1139	4,3
53	127	134	0,00721	6,7	61	101	52	1020	4,9
126	269	290	0,01087	36,1	85	115	52,3	795	3,3
134	278	304	0,01087	10,5	60	100	50,2	1008	4,9
190	379	427	0,01781	18,8	60	100	50,9	990	4,7
200	346	387	0,01640	21,5	61	99	48,6	875	4,6
203	475	515	0,01537	45	85	110	53,5	669	3,3
204	466	508	0,01537	12,5	61	100	49,7	920	4,8
223	419	472	0,01702	25	61	100	49,3	921	4,7

Выброс масла при схеме суфлирования 2 отсутствовал, а наблюдалось лишь парение через суфлер, т. е. движение суфлируемых паров и газов с малым содержанием масла. При температуре входящего в мотор масла, равной 60°C , парение из суфлера появилось при разрежении в картере, равном 54 мм рт. ст. По мере увеличения разрежения (до 223 мм рт. ст.) парение возрастало.

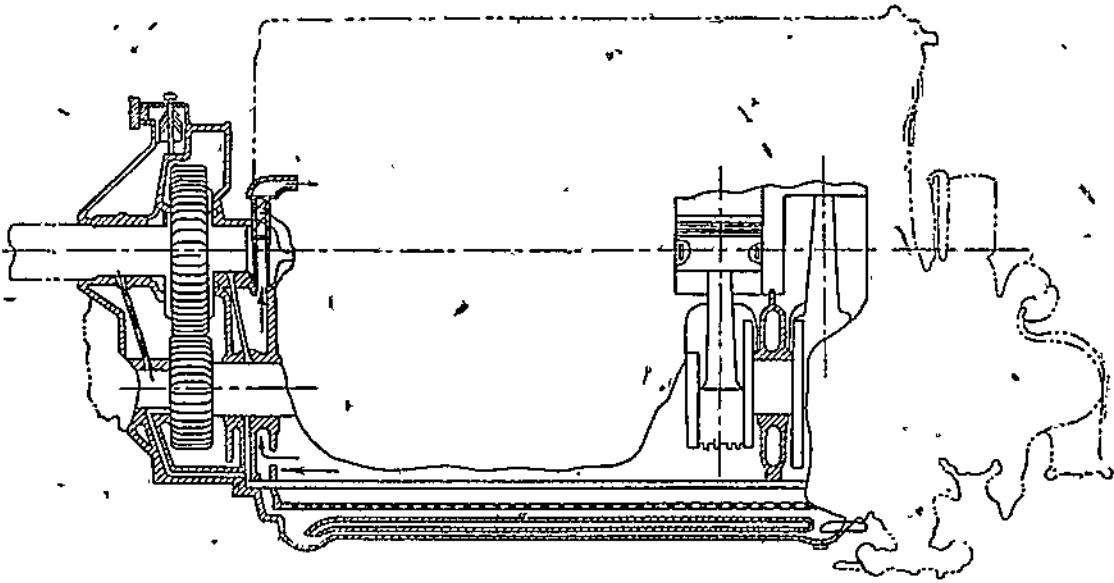
ления всего каплеобразного масла от паров воздуха и отработанных газов.

Распределение давлений суфлируемых паров и газов в картере при схеме 2 показано на фиг. 11, из которой видно, что при новой схеме суфлирования абсолютная величина давления меньше величины, замеренной при схеме суфлирования 1 (фиг. 13).

Из сопоставления результатов экспериментальных исследований схем суфлирования 1 и 2 следует, что при схеме суфлирования 1 (схема неправильно организованного суфлирования) выброс масла интенсивно растет даже при незначительном

поэтому в качестве переходной схемы суфлирования, как средства борьбы с выбросом масла, была исследована схема суфлирования 3 (фиг. 12).

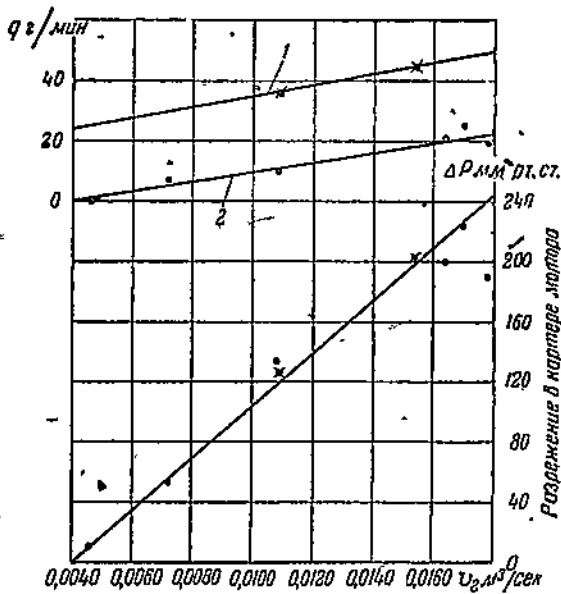
При схеме суфлирования 3 большая часть суфлируемых паров и газов удаляется с помощью пе-



Фиг. 9. Схема суфлирования 2.

увеличении объемного количества суфлируемых паров и газов (на 34%), в то время как при схеме 2 (схема правильно организованного суфлирования)

репускной воздушной трубки из картера мотора в суфлер и далее в атмосферу, минуя картер редуктора мотора. Исследования схемы 3 показали, что

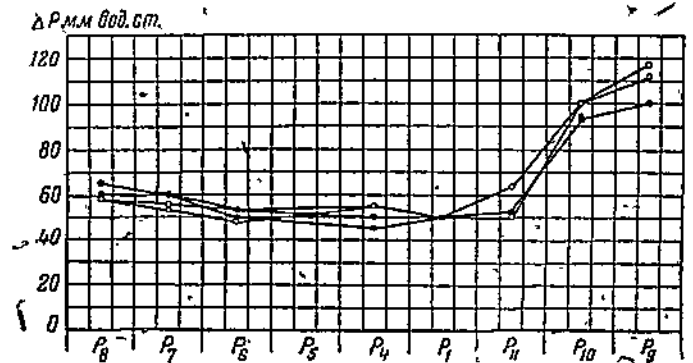


Фиг. 10. Изменение интенсивности выброса масла в зависимости от количества суфлируемых паров и отработанных газов при схеме суфлирования 2.

1 — при температуре входящего масла 85°C;
2 — 60°C.

Режим работы мотора: $n=2700$ об/мин, $p_k=1030$ мм рт. ст.

выброс масла отсутствует даже при пятикратном увеличении объемного количества суфлируемых паров и газов, проходящих через суфлер мотора. Осуществление на экспериментируемом моторе схемы суфлирования 2 потребовало внесения серьезных изменений в конструкцию картера мотора;



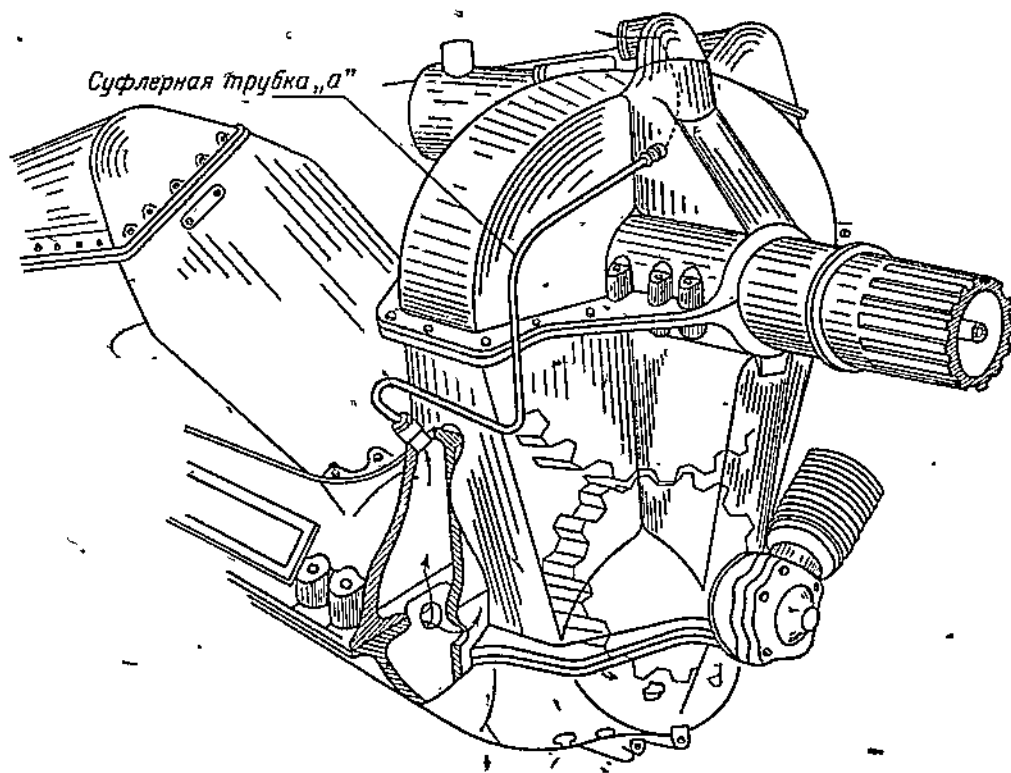
Фиг. 11. Распределение давлений суфлируемых паров и отработанных газов в полостях картера мотора при схеме суфлирования 2 и при температуре входящего масла 60°C.

p_6 — давление в верхней полости суфлера;
 p_7 — давление в нижней полости суфлера;
 p_8 — давление в передней полости редуктора;
 p_2 — давление в задней полости редуктора;
 p_4 — давление в межкартерной полости;
 p_1 — давление в полости первого отсека картера мотора;
 p_{11} — давление в полости четвертого отсека картера;
 p_{10} — давление в полости пятого отсека картера;
 p_9 — давление в полости шестого отсека картера.

при повышении температуры входящего в мотор масла до 90°C выброса масла не происходило (см. табл. 3).

V. Влияние повышенной температуры масла и увеличенного числа оборотов мотора на выброс масла

Повышение температуры входящего в мотор масла вызывает выброс масла вследствие возрастания прокачки масла через мотор, в частности



Фиг. 12. Схема суфлирования 3.

Таблица 3

Влияние температуры входящего в мотор масла на его выброс при дополнительном суфлировании межкартерной полости с верхней полостью суфлера; $n = 2760$ об/мин., $p_k = 1030$ мм рт. ст.

Температура входящего в мотор масла, °С	Наблюдение за выбросом масла из суфлера	Величина избыточного давления в различных полостях картера мотора, мм вод. ст.				Давление, мм вод. ст. В отсеках картера мотора			Прокатка масла через мотор, кг/мин	Передаточная температура масла, °С	Давление масла в главной магистрали кг/см ²	Примечание
		в верхней полости суфлера	в нижней полости суфлера	в передней полости картера редуктора	в межкартерной полости	первом	втором	четвертом				
50	Выброса масла нет										6,8	
60	Выброса масла нет	55	57	58	87	23	36	15	54,5	28	6,4	
70	Выброса масла нет, наблюдается парение	54	54	62	84	24	32	13	53,9	23	5,6	
80	Выброса нет, наблюдается парение	60	61	65	95	29	40	18	55,1	18	5,0	
90	Выброса нет, наблюдается усиленное парение	57	68	74	113	38	47	30	59	14	4,1	

через его редуктор (масляную форсунку и вкладыши редуктора), что имеет решающее значение для выброса масла через суфлер при наличии повышенного количества суфлируемых паров и газов.

мотора при изменении температуры входящего в мотор масла. Из этого графика видно, что по мере повышения температуры масла происходит закономерное увеличение давления газов, а при вы-

Таблица 4

Влияние температуры входящего в мотор масла на выброс масла из суфлера при схеме суфлирования 1; $n = 2700$ об/мин., $p_k = 1030$ мм рт. ст.

Температура входящего в мотор масла, °С	Наблюдение за выбросом масла через суфлер	Величина избыточного давления в различных полостях картера мотора, мм вод. ст.				Давление, мм вод. ст. В отсеках картера мотора			Прокатка масла через мотор, кг/мин	Перелаз температур масла, °С	Давление масла в главной магистрали, кг/см ²	Примечание
		в верхней полости суфлера, P_3	в нижней полости суфлера, P_4	в передней полости картера редуктора, P_5	в межкартерной полости, P_6	первом, P_2	втором, P_0	четвертом, P_1				
40	Выброс масла из суфлера отсутствует	14	48	75	65	82	68	79	—	46	5,0	
50	Выброс масла из суфлера отсутствует	18	85	88	100	128	105	125	—	40	5,3	Температура входящей воды 60°С
60	Появился выброс масла из суфлера	18	127	125	132	185	130	—	54	35	5,5	
65	Значительный выброс масла из суфлера	40	48	156	157	170	156	—	56	32	5,5	

Результаты испытаний по определению влияния температуры входящего в мотор масла на его выброс через суфлер при схеме суфлирования 1 приведены в табл. 4.

бросе масла, как этого следовало ожидать, это увеличение становится очень резким.

Выброс масла наблюдается, как правило, при увеличении числа оборотов мотора, так как при этом увеличивается барботаж масла, возрастает прокатка масла и увеличивается количество суфлируемых паров и газов.

На фиг. 14 показан график изменения прокатки масла через мотор и его редуктор в зависимости от числа оборотов мотора по винтовой характеристике.

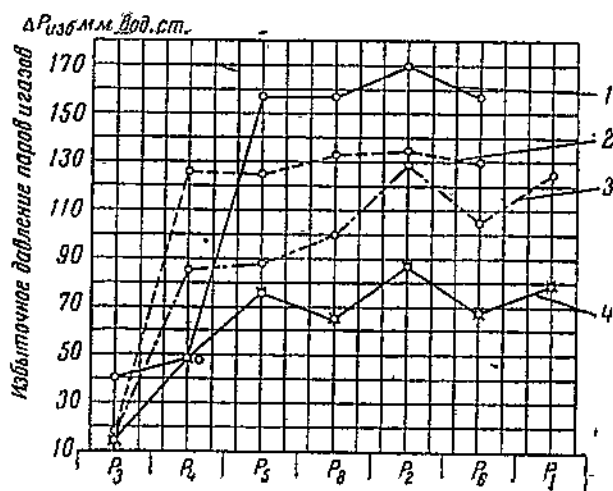
Показателем роста количества суфлируемых паров и газов по винтовой характеристике мотора может служить повышение давления их в отдельных полостях картера при увеличении числа оборотов мотора (фиг. 15).

Барботаж масла происходит тем интенсивнее, чем выше скорость вращения деталей мотора и чем большее количество масла, паров и газов участвует в барботаже.

При постоянном числе оборотов мотора можно увеличением количества масла, находящегося в картере мотора, вызвать такую интенсивность барботажа масла, при которой произойдет выброс масла.

Чем меньше число оборотов мотора, тем большее количество масла необходимо иметь в картере мотора для того, чтобы вызвать такую интенсивность барботажа масла, при которой бы наблюдался выброс масла и, наоборот, чем больше число оборотов мотора, тем меньшее количество масла в картере мотора способно вызвать такую интенсивность барботажа масла, при которой станет возможным выброс масла.

Поэтому влияние числа оборотов мотора на интенсивность барботажа масла и на его выброс



Фиг. 13. Распределение давлений паров и газов в картере мотора на режиме номинальной мощности при различных температурах масла, входящего в мотор (схема суфлирования 1).

- 1 — при температуре входящего масла 65°С;
- 2 — при температуре входящего масла 60°С;
- 3 — при температуре входящего масла 50°С;
- 4 — при температуре входящего масла 40°С;
- P_1 — давление в четвертом отсеке картера;
- P_2 — " " во втором
- P_0 — " " в первом
- P_3 — давление в верхней полости суфлера;
- P_4 — давление в нижней полости суфлера;
- P_5 — давление в передней полости картера редуктора;
- P_6 — давление в межкартерной полости.

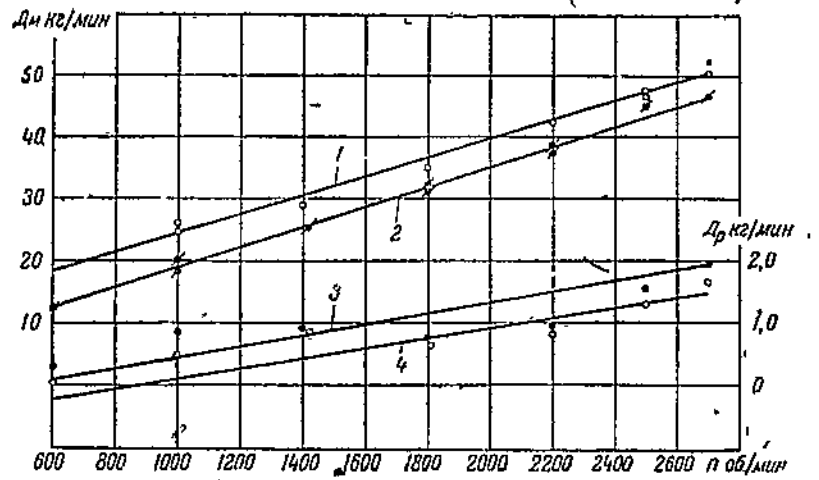
На фиг. 13 (по данным табл. 4) изображен график изменения давлений паров и газов в картере

можно характеризовать допустимым количеством масла, находящимся в картере мотора, при превышении которого наблюдается выброс масла через суфлер.

Увеличение количества масла, постоянно находящегося в картере мотора, при наших экспериментах вызывалось выключением из работы откачивающих помп, а количество масла, ушедшего из бака в мотор, измерялось по изменению уровня масла в баке.

На фиг. 16 показан график изменения количества масла, находящегося в картере мотора, с превышением которого происходит выброс масла при изменении числа оборотов мотора (по винтовой характеристике).

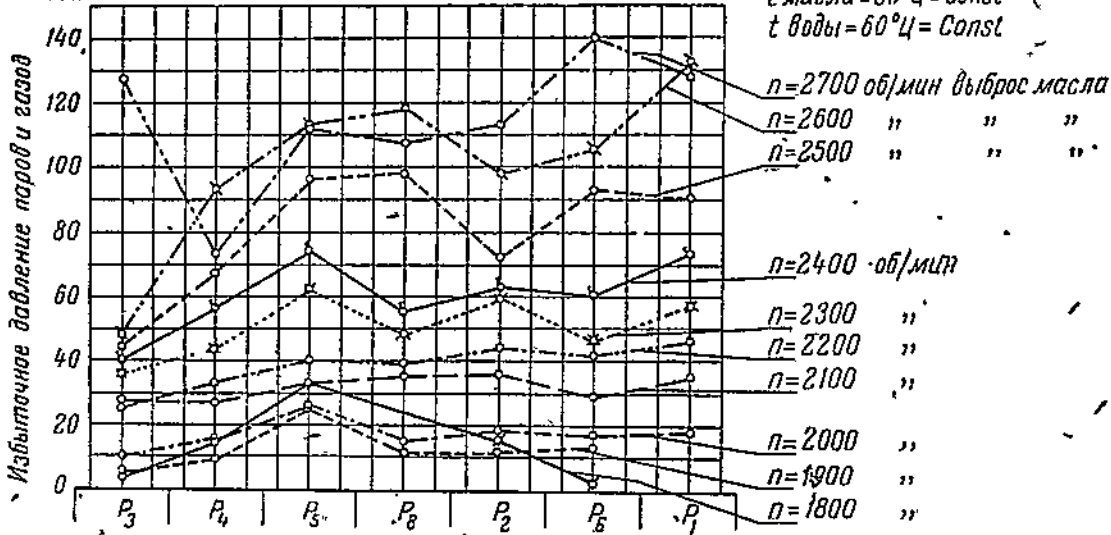
При номинальном числе оборотов мотора $n = 2700$ об/мин. выброс масла появляется в том случае, когда в кар-



Фиг. 14. Изменение прокачки масла по винтовой характеристике при температурах входящего в мотор масла, равных 60 и 85°C.

1—прокачка масла через весь мотор при температуре 85°C; 2—прокачка масла через весь мотор при температуре 60°C; 3—прокачка масла через редуктор при температуре 85°C; 4—прокачка масла через редуктор при температуре 60°C.]

$\Delta P_{\text{изб. м.м вод. ст.}}$



Фиг. 15. Распределение давлений суфлируемых паров и отработанных газов в полостях картера мотора для разных чисел оборотов (по винтовой характеристике). Обозначения $P_1, P_2, P_3, P_4, P_5, P_6, P_8$ см. на фиг. 13.

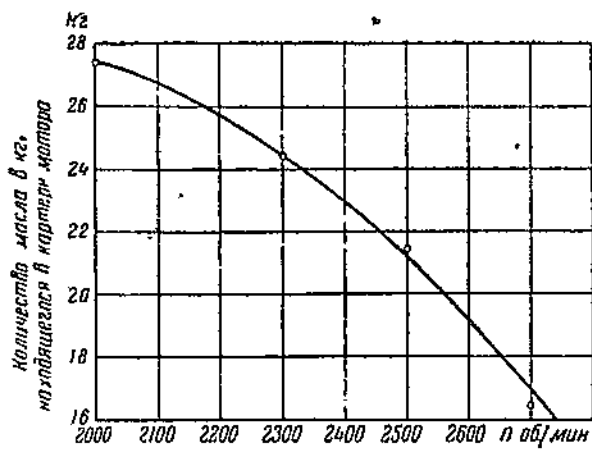
тере мотора находится более 17 кг масла, а при числе оборотов $n = 2000$ об/мин. выброс масла наблюдается только тогда, когда масло в картере мотора достигает 27,5 кг.

В табл. 5 приведены результаты произведенных наблюдений за выбросом масла через суфлер при изменении числа оборотов мотора по винтовой характеристике.

Таблица 5

Влияние на выброс масла из суфлера режима работы мотора по винтовой характеристике при схеме суфлирования I

Об/мин.	P_5 мм рт. ст.	Прокачка масла через мотор, кг/мин	Перепад температур масла, °C	Темлоотдача в масло, ккал/мин	Давление масла в главной магистрали, кг/см ²	Давление масла в откачивающей магистрали, кг/см ²	Интенсивность выброса масла из суфлера	Примечание
2700	1030	55,05	35	964	6,0	1,5	Сильное выбрасывание масла	Температура входящего в мотор масла и воды 60°C = const
2600	1032	54,25	33	895	6,0	1,5	Сильное выбрасывание масла	
2500	1029	54,7	32	872	7,3	1,4	Выброс масла	
2400	1034	51,6	30	772	6,3	1,4	Сильное парение из суфлера	
2300	1041	47,35	25	592	6,9	1,3	Сильное парение из суфлера	
2200	1021	46,15	25	576	7,0	1,3	Сильное парение из суфлера	
2100	1026	42,0	21	441	7,0	1,3	Парение из суфлера	
2000	994	39,85	20	398,5	7,1	1,3	Парение из суфлера	
1900	659	38,15	20	281,5	7,3	1,3	Парение из суфлера	
1800	944	38,7	18	348	7,0	1,3	Парение из суфлера	



Фиг. 16. Зависимость количества масла, находящегося в картере мотора, от числа оборотов мотора (по винтовой характеристике).

Из табл. 5 видно, что при постоянной температуре входящего в мотор масла, равной 60°C , парение из суфлера отмечается при всех оборотах мотора по винтовой характеристике, а выброс масла появляется с $n=2500$ об/мин. и выше.

VI. Способы устранения выброса масла в моторах, имеющих дефектные схемы суфлирования

Принудительной откачкой образующихся в моторе масляной эмульсии и пены с помощью помп увеличенной производительности или путем постановки дополнительной откачивающей помпы, а также путем устройства сливных каналов доста-

точных сечений можно избежать выброса масла даже при дефектной схеме суфлирования.

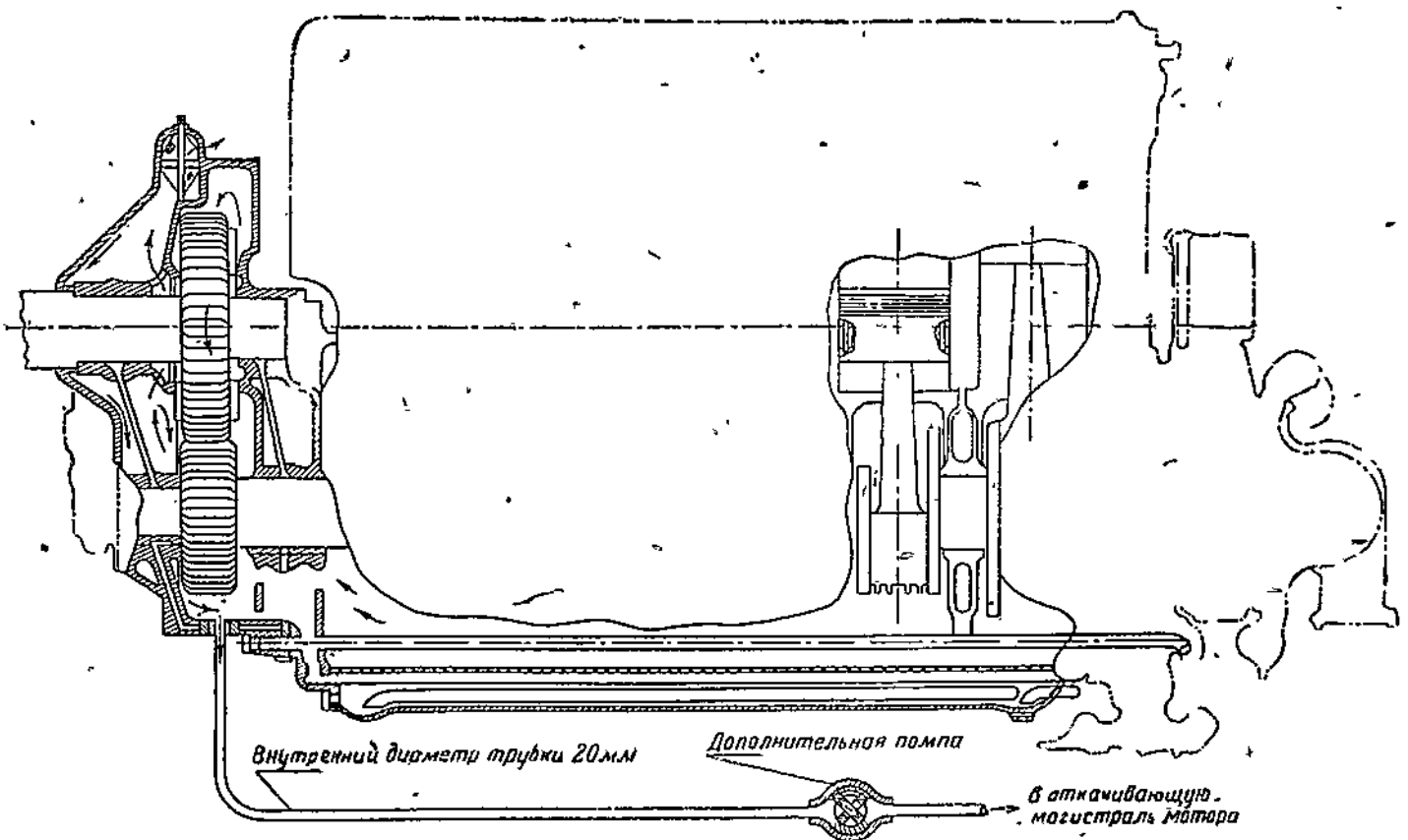
При схеме суфлирования 1 образующиеся в картере редуктора масляная эмульсия и пена не могли быть быстро удалены из картера редуктора ввиду недостаточного сечения сливного канала, соединяющего полость картера редуктора с масляным поддоном мотора. Отсасывая образовавшиеся в картере редуктора масляную пену и эмульсию специальной помпой, мы считали возможным устранить выброс масла через суфлер.

Результаты испытания схемы 1 при отсосе масляной эмульсии из картера редуктора с помощью дополнительной откачивающей помпы (см. фиг. 17) показали, что при максимальной температуре входящего масла, равной 90°C , выброса масла не происходило.

Таким образом для устранения выброса масла при неправильно организованном суфлировании потребовалось увеличить производительность откачивающих помп на 35%.

Для обеспечения нормальной эксплуатации мотора в полете, в том случае когда у мотора наблюдается выброс масла, устанавливают на нем маслоуловительные бачки, назначением которых является улавливание масляной эмульсии, выбрасываемой через суфлер, а также отделение масла от суфлируемых паров и газов. На фиг. 18 изображена применяемая на ряде моторов схема улавливания масла, выбрасываемого из мотора через его суфлер.

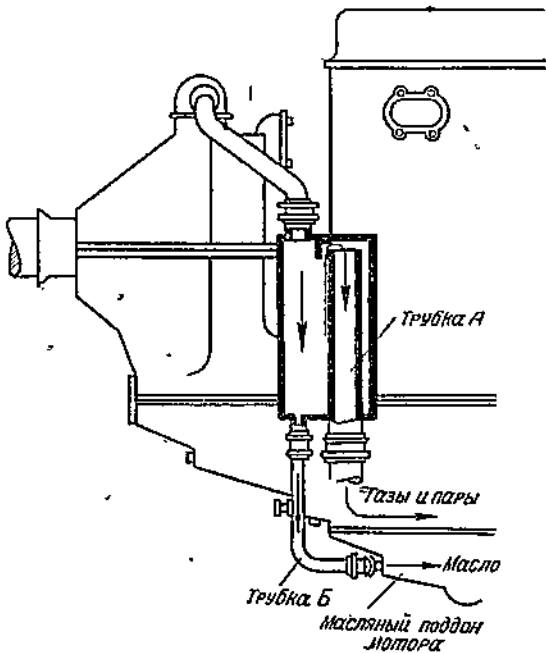
Выбрасываемая через суфлер масляная эмульсия попадает в маслоуловительный бачок, в котором вследствие отсутствия движущихся деталей и уменьшения скорости суфлируемых паров и газов происходит отделение масла от газов и паров (фиг. 18).



Фиг. 17. Схема отсоса масла из картера редуктора посредством дополнительной помпы.

Газы и пары по трубке А (фиг. 18) уходят в атмосферу, а отделившееся масло стекает на дно бачка и по трубке Б сливается в масляный поддон мотора.

Изображенная на фиг. 18 простейшая схема улавливания масла не во всех случаях, как показывает опыт, обеспечивает улавливание выброшенного через суфлер масла.

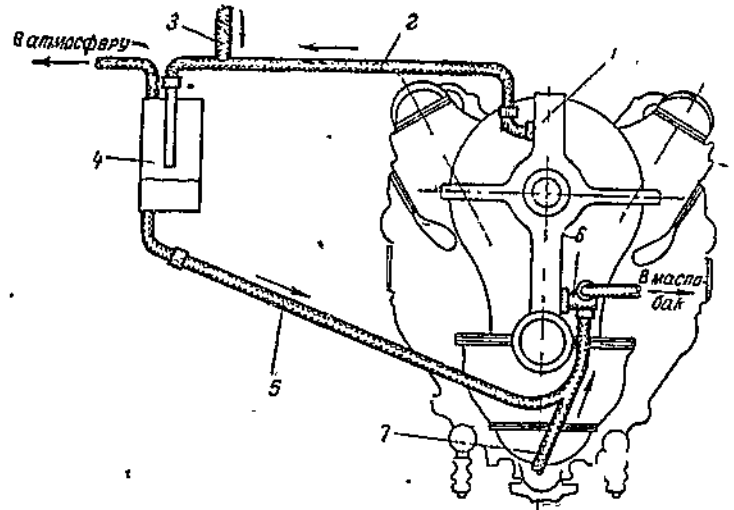


Фиг. 18. Схема установки маслоуловительного бачка на моторе (по материалам ОКБ главного конструктора В. Я. Климова).

В ЦИАМ была разработана более эффективная схема улавливания масла, которая в основном отличается от предыдущей тем, что уловленное бачком масло удаляется из него не самотеком, а путем отсоса при помощи откачивающей помпы.

На фиг. 19 и 20 изображены новые схемы улавливания масла для рядного и звездообразного моторов.

Указанные схемы улавливания выброшенного масла испытывались в ЦИАМ и ЛИИ НКАП на моторах жидкостного и воздушного охлаждения. Проведенные испытания показали полное улавливание масла, выбрасываемого через суфлер мотора

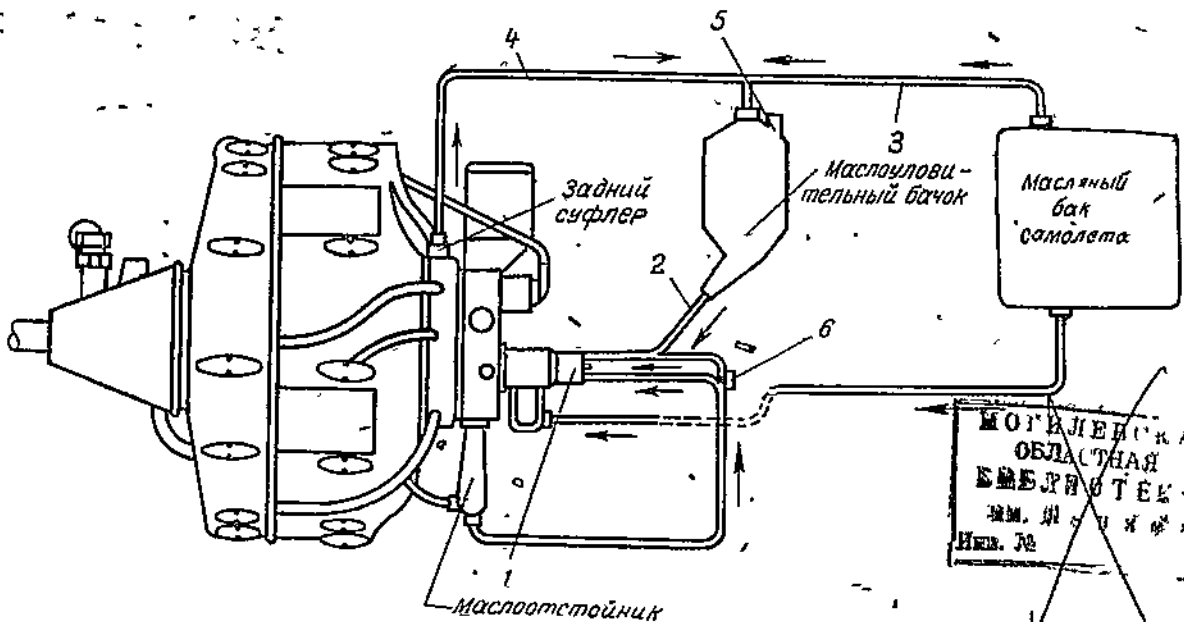


Фиг. 19. Схема улавливания масла для рядного авиационного мотора, предложенная ЦИАМ.

1—суфлер мотора; 2—трубопровод, соединяющий суфлер с маслоуловительным бачком; 3—трубопровод, соединяющий масляный бан самолета с маслоуловительным бачком; 4—маслоуловительный бачок; 5—маслопровод, по которому производится откачка масла из маслоуловительного бачка; 6—откачивающая помпа; 7—маслопровод, по которому производится откачка масла из полости картера редуктора.

или дренаж маслобака на всех режимах работы и на всех высотах полета самолета.

Одновременно с проверкой новой схемы улавливания выброшенного масла было решено определить, какое влияние оказывает на эффективность



Фиг. 20. Схема улавливания масла для звездообразного мотора, предложенная ЦИАМ

1—откачивающая помпа МШ-1; 2—трубка, соединяющая откачивающую помпу с маслоуловительным бачком; 3 и 4—трубки, соединяющие масляный бак самолета и

задние суфлеры мотора с маслоуловительным бачком; 5—отверстие для выхода паров и отработанных газов; 6—регулирующий вент.

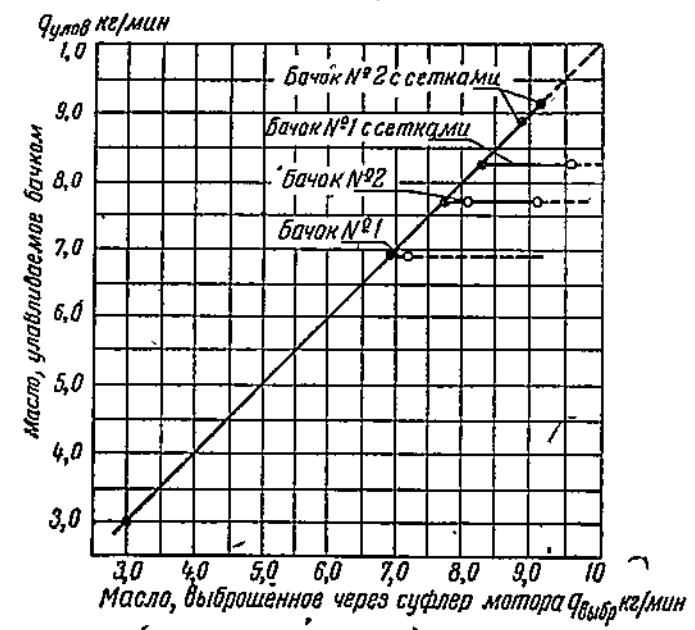
действия маслоуловительного бачка изменение его объема и наличие пеногасительных сеток.

Эффективность новой конструкции маслоуловительного бачка характеризовалась величиной уловленного за минуту масла в килограммах.

На фиг. 21 показана характеристика эффективности улавливания масла в зависимости от количества выброшенного (через суфлер) масла для бачков емкостью 1,8 и 5 л.

Бачок емкостью 1,8 л, как показали испытания, улавливал все масло только при интенсивности выброса масла не более 7 кг/мин. При более высокой интенсивности происходил выброс масла из маслоуловительного бачка в атмосферу.

Бачок емкостью 5 л показал более высокую эффективность, улавливая выброшенное через суфлер масло при интенсивности выброса последнего более 8 кг/мин.



Фиг. 21. Характеристика эффективности маслоуловительных бачков. Масло МК, температура входящего масла 75°C; объем бачка № 1—1,8 л, объем бачка № 2—5,0 л.

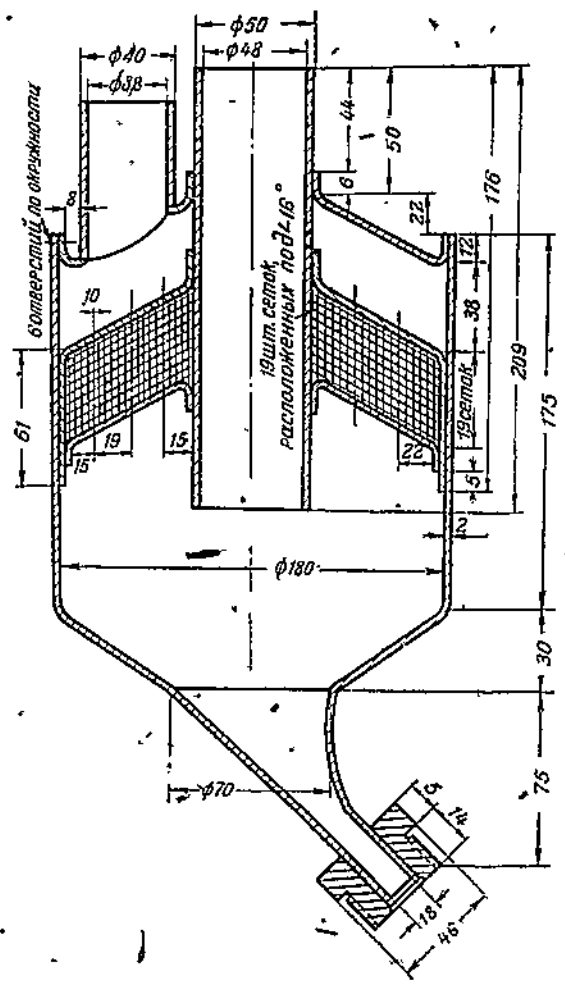
Проверка эффективности работы маслоуловительных бачков производилась при больших разрежениях в картере мотора, т. е. при большом объемном количестве суфлируемых паров и газов, протекающих через суфлер мотора и бачок.

Эти результаты свидетельствуют о том, что увеличение объема бачка повышает эффективность улавливания им масла. При большом объеме бачка происходит резкое уменьшение скорости движущейся масляной эмульсии, что способствует отделению масла от воздуха и отработанных газов.

При наличии пеногасительной сетки эффективность маслоуловительного бачка возрастает (фиг. 22). Для бачка емкостью 1,8 л выброс масла из маслоуловительного бачка наблюдался лишь

при интенсивности выброса масла, равной 8 кг/мин, а при отсутствии сетки выброс масла появлялся при интенсивности последнего не более 7 кг/мин.

При установке бачка емкостью 5 л и при наличии в нем пеногасительной сетки выброс масла из бачка не наблюдалось даже при максимальной (для условий эксперимента) интенсивности выброса масла, составлявшей 9 кг/мин.



Фиг. 22. Маслоуловительный бачок с сетками.

при интенсивности выброса масла, равной 8 кг/мин, а при отсутствии сетки выброс масла появлялся при интенсивности последнего не более 7 кг/мин.

При установке бачка емкостью 5 л и при наличии в нем пеногасительной сетки выброс масла из бачка не наблюдалось даже при максимальной (для условий эксперимента) интенсивности выброса масла, составлявшей 9 кг/мин.

Редактор Ц. М. Ерухимович

Г537594. Подписано в печать 29/XII 1944 г. Печ. л. 2. Уч.-авт.: л. 2,6.
 Печ. зн. в л. 40000. Цена 1 р. 50 к. Зак. 1262/7962.

Типография Оборонгиза.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	<i>Стр.</i>
Предисловие	1
Введение	2
I. Суфлирование и факторы, влияющие на него	2
II. Условия правильно организованного суфлирования .	3
III. Методика экспериментальных исследований	4
IV. Исследование влияния количества отработанных га- зов и паров воздуха на выброс масла	8
V. Влияние повышенной температуры масла и увели- ченного числа оборотов мотора на выброс масла . .	10
VI. Способы устранения выброса масла в моторах, име- ющих дефектные схемы суфлирования	14
