

Газотурбинный двигатель АИ-9

Краткое описание и инструкция
по технической эксплуатации
(редакция 3)



Библиотека 122 УТО

Инв. № 12357

Краткое описание и инструкцию по технической эксплуатации газотурбинного двигателя АИ-9 (редакция 3) составили
инженеры: *БОЖЕНКО И. Н., ГЕЛЬМАН А. Я.,*
КАЧАЙЛОВ В. Н., ПЕРЕПЕЛИЦА И. Н.,
САВРАНСКИЙ М. А.

Ответственный редактор — кандидат технических наук
А. Н. ЗЛЕНКО.

Настоящая третья редакция краткого описания и инструкции по технической эксплуатации двигателя АИ-9 составлена на основании опыта эксплуатации двигателя АИ-9 на самолетах Як-40 в качестве источника сжатого воздуха для запуска основных двигателей самолета.

При применении двигателя АИ-9 на других объектах, эксплуатация его должна выполняться в соответствии с требованиями настоящей инструкции, а его применение должно быть предварительно согласовано с разработчиком.

В настоящей редакции учтены следующие конструктивные изменения:

- установка двухсекционного шестерчатого масляного насоса;
- применение в качестве смазки синтетического масла марки Б-3В;
- применение в системе топливрегулирования насоса-регулятора НР-9К повышенной надежности.

С введением в действие настоящей редакции краткого описания и инструкции по технической эксплуатации — теряют силу «Временная инструкция по технической эксплуатации» (редакция 2), а также выпущенные к ней дополнения № 1 и бюллетени 1Э и 2Э.

Г л а в а I

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ДВИГАТЕЛЯ

1. 1. Общие сведения о двигателе

Двигатель АИ-9 (рис. 1 и 2) представляет собой газотурбинный двигатель, из-за компрессора которого отбирается сжатый воздух для наземного питания воздушных систем запуска газотурбинных двигателей на самолете (вертолете).

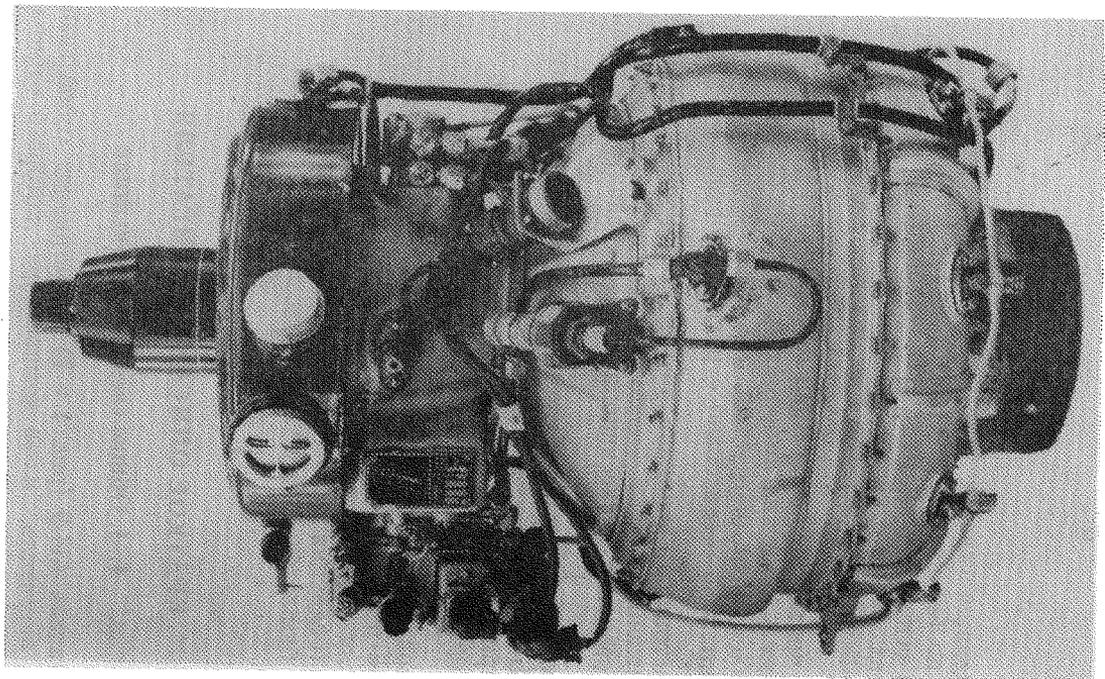


Рис. 1. Двигатель АИ-9 (вид слева).

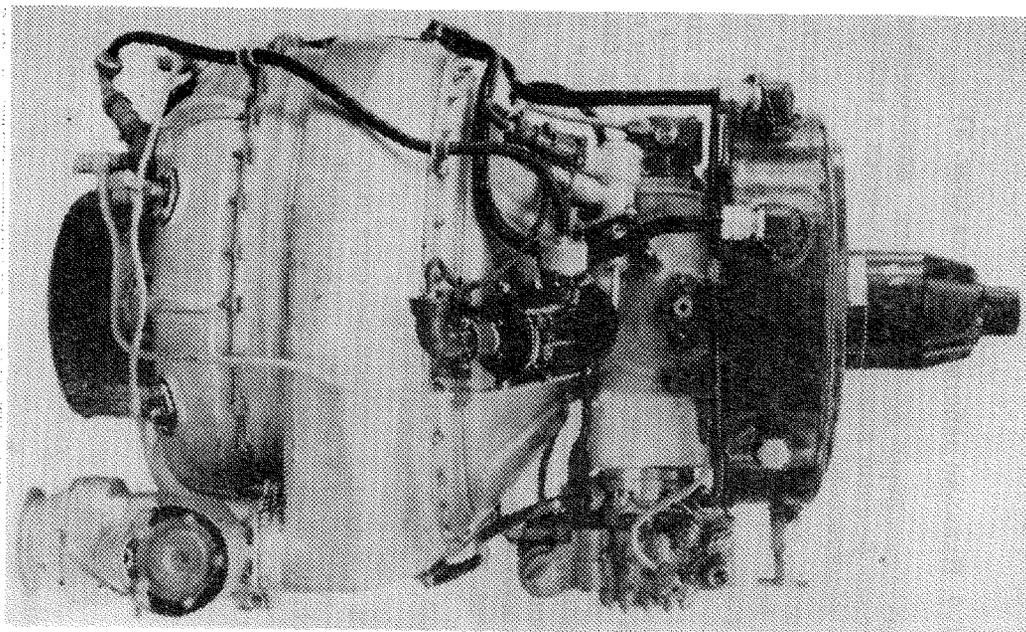


Рис. 2. Двигатель АИ-9 (вид справа)

Двигатель состоит из следующих основных узлов: воздухозаборника, корпуса приводов, компрессора, камеры сгорания, турбины, выхлопного сопла, ресивера с клапаном перепуска воздуха и агрегатов, обслуживающих работу двигателя.

1. 2. Принцип работы двигателя (рис. 3)

Воздух из атмосферы поступает через воздухозаборник на вход в центробежный компрессор, сжимается в нем и разделяется за компрессором на два потока.

Один поток поступает в камеру сгорания, где часть его (первичный воздух) направляется в зону горения, куда через рабочие форсунки непрерывно впрыскивается тонкораспыленное топливо; оставшая часть поступающего в камеру сгорания воздуха (вторичный воздух) обтекает снаружи камеру сгорания, охлаждает ее и через смесительные отверстия направляется в зону смешения, где смешивается с потоком горячих газов, обеспечивая требуемое поле температур газа на входе в турбину. На турбине срабатывается основная часть энергии газового потока, преобразуясь в механическую работу, выдаваемую на вал турбины. Мощность, полученная на валу турбины, расходуется на вращение ротора компрессора и агрегатов двигателя. После срабатывания энергии на турбине газовый поток через выхлопное сопло выбрасывается в атмосферу.

Второй поток воздуха из компрессора через отверстия в его корпусе поступает в ресивер, приваренный к корпусу компрессора. Из ресивера через перепускной клапан автоматического действия воздух поступает в воздушную систему самолета или вертолета, а при отсутствии его потребления воздух выпускается в атмосферу.

1. 3. Краткие сведения о конструкции двигателя

Воздухозаборник двигателя образован стенками маслобака кольцевого типа, который крепится к корпусу приводов.

В процессе работы двигателя воздух, поступающий в двигатель, омывает стенки маслобака, охлаждая находящееся в нем масло.

К о р п у с п р и в о д о в служит для размещения агрегатов двигателя и приводов к ним. Своими стенками корпус приводов образует проточную часть — воздушный тракт, обеспечивающий подвод воздуха к компрессору. Воздушный тракт выполнен в виде кольцевой щели, образованной наружной и внутренней оболочками корпуса, соединенными между собой четырьмя ребрами — два в вертикальной плоскости и два в горизонтальной. Вертикальные ребра — полые и предназначены для размещения в них валиков приводов агрегатов. В верхней части корпуса имеется коробчатый прилив, на котором установлен пусковой топливный насос.

В нижней части корпуса также имеется коробчатый прилив с фланцем. Этот прилив является дополнительной масляной емкостью, которая сообщается с масляным баком. На фланце устанавливается масляный насос и топливный насос-регулятор. В передней части корпуса приводов устанавливается электростартер.

На корпусе приводов имеются две бобышки для крепления цапф подвески двигателя.

К о м п р е с с о р — центробежного типа, с наклонным колесом полуоткрытого типа и радиальным диффузором.

Служит компрессор для сжатия воздуха и подачи его в камеру сгорания и в кольцевой ресивер, из которого производится отбор воздуха для питания воздушных систем самолета или вертолета.

У з е л к а м е р ы с г о р а н и я включает в себя корпус камеры сгорания, камеру сгорания, рабочие топливные форсунки, воспламенитель и топливный коллектор.

Корпус камеры сгорания — сварной конструкции, является силовым узлом и одновременно кожухом камеры сгорания. В нижней части фланца корпуса камеры имеются два кронштейна для подвески двигателя.

На корпусе камеры сгорания установлены восемь одинаковых центробежных топливных форсунок и воспламенитель с пусковой форсункой и свечой. Камера сгорания — кольцевого типа, противоточная, сварной конструкции, с восемью головками, в которые входят топливные форсунки.

Т у р б и н а — осевая, реактивная, одноступенчатая, служит для преобразования энергии газового потока в работу

на валу, используемую для вращения ротора компрессора и агрегатов двигателя.

Рабочее колесо турбины и колесо компрессора крепятся на одном валу и составляют ротор двигателя, который устанавливается на двух подшипниках. Передний подшипник — шариковый, задний — роликовый.

Выхлопное сопло состоит из наружного кожуха и стекателя, соединенных между собой при помощи стоек.

На наружном кожухе выхлопного сопла устанавливаются две термопары, трубопроводы суфлирования и трубопровод дренажной системы.

Ресивер — кольцевого типа, приварен снаружи компрессора. Полость ресивера соединяется с закомпрессорной полостью рядом отверстий. В нижней правой части ресивер имеет патрубок, на который устанавливается клапан перепуска воздуха.

1. 4. Работа клапана перепуска воздуха

Клапан перепуска воздуха — автоматического действия (рис. 4), обеспечивает устойчивую работу компрессора двигателя на режимах запуска и холостого хода путем перепуска части воздуха из-за компрессора в атмосферу.

При отсутствии отбора воздуха для питания воздушных систем самолета или вертолета заслонка 8 под действием пружины 6 закрыта, а клапан 5 под действием усилия своей пружины находится в нижнем положении, чем обеспечено соединение полости над поршнем 3 с атмосферой.

Под действием усилия пружины 4 на поршень 3 и давления воздуха на грибок перепускного клапана 2 поршень 3 перемещается в верхнее положение, и полость ресивера сообщается с атмосферой (рис. 4, слева).

При включении отбора воздуха в воздушную систему самолета или вертолета (рис. 4, справа) возникает перепад давления на заслонке 8.

Под действием перепада давления воздуха заслонка 8 открывается и своим кулачком 7 поднимает шток клапана 5, закрывая соединение полости над поршнем 3 с атмосферой и открывая доступ воздуху из-за компрессора в полость над поршнем 3. Под давлением воздуха поршень 3 перемещается вниз

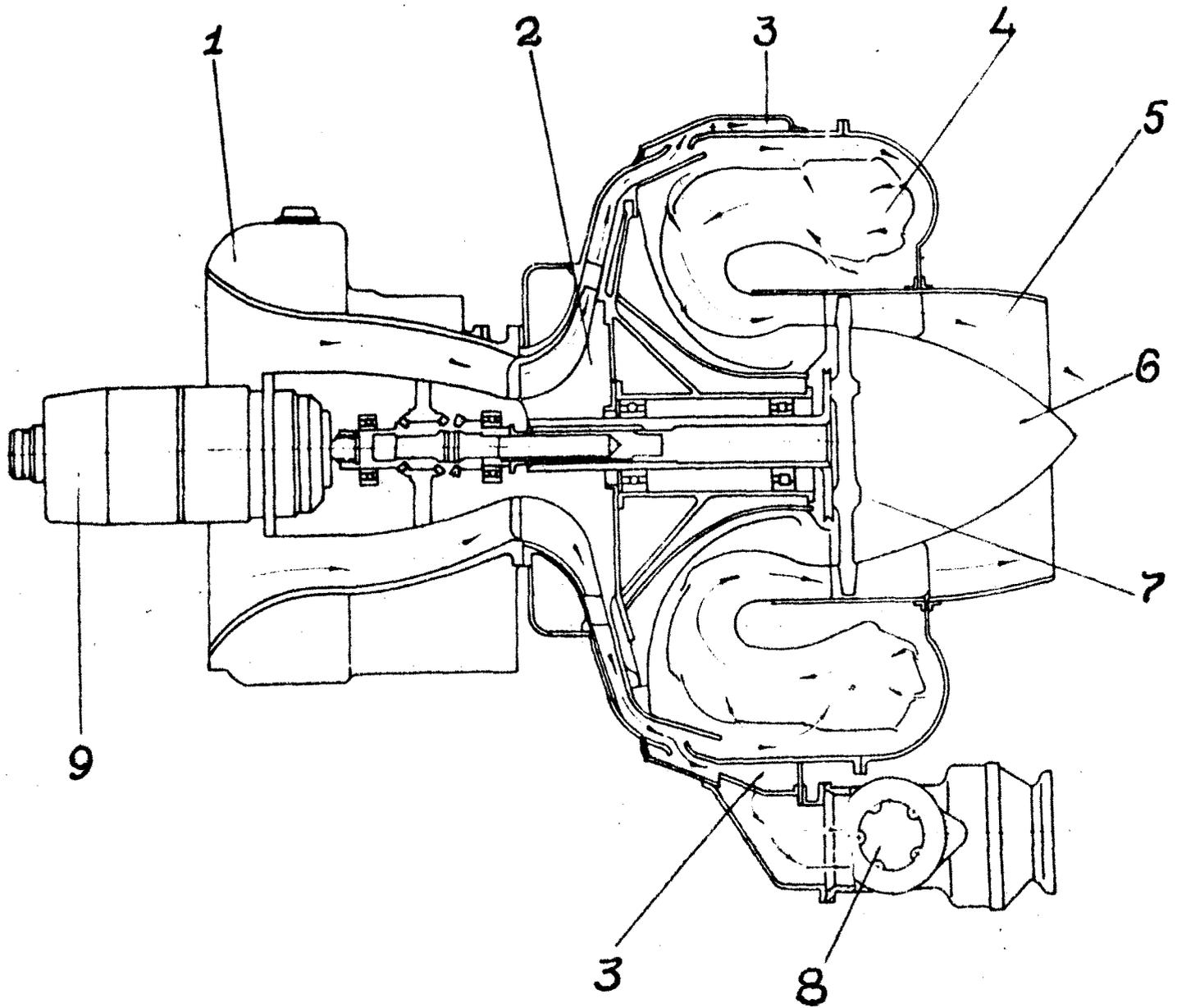


Рис. 3. Схема газозаборного тракта двигателя.
 1-воздухозаборник-маслобак; 2-компрессор; 3-ресивер; 4-камера сгорания; 5-выхлопное сопло; 6-конус-стекатель; 7-турбина; 8-перепускной апан; 9-электростартер.

и грибок закрывает перепуск воздуха из ресивера в атмосферу, а воздух из-за компрессора будет поступать к потребителю сжатого воздуха.

При прекращении расхода воздуха потребителем заслонка 8 под действием пружины 6 закрывается и открывается перепуск воздуха в атмосферу.

Шток клапана 5 под действием пружины опускается вниз и открывает канал, через который воздух из полости над поршнем будет соединен с атмосферой.

1. 5. Маслосистема и система суфлирования двигателя (рис. 5)

1. 5. 1. Общие сведения о маслосистеме.

Маслосистема двигателя является автономной, циркуляционной системой смазки под давлением, которая обеспечивает подвод масла для смазки и охлаждения ко всем высоконагруженным трущимся поверхностям: малонагруженные поверхности смазываются барботажным способом.

1. 5. 2. Работа масляной системы.

Масло из бака 8 самотеком через перепускную втулку 9 поступает в поддон 5 корпуса приводов, откуда захватывается нагнетающей секцией 4 маслососа и направляется в двигатель на смазку двумя потоками: один идет по сверленому каналу корпуса приводов на смазку конической пары шестерен 15 привода агрегатов, другой через фильтр 2 по внешнему трубопроводу и внутренним трубопроводам в корпусе камеры сгорания — к форсункам для смазки подшипников 23 и 24 ротора.

Давление масла в двигателе с помощью редукционного клапана 3 поддерживается в пределах 2,5:-5 кг/см² на всех режимах работы двигателя.

Сигнализатор 1, установленный за фильтром 2, выдает сигнал минимального давления масла перед форсунками 23 и 24 подвода масла к подшипникам ротора.

Масло из центрального привода сливается в поддон, а из полости подшипников ротора откачивается насосом 6 и подается в маслобак 8 через воздухоотделитель 11.

Заливку масла производят через заливную горловину с фильтром 12. Уровень масла в двигателе определяется через мерное стекло 10.

Слив масла из двигателя производится через сливной кран 7 маслобака.

1. 5. 3. Система суфлирования

Полость подшипников ротора соединена внешним трубопроводом с суфлирующим бачком 13, расположенным в маслобаке. Масло, отделенное от воздуха в суфлирующей бачке, сливается в маслобак, а воздух по трубопроводу отводится к эжектору 22 выхлопного сопла.

Воздух, содержащийся в откачиваемом масле, отделяется от него в воздухоотделителе 11 и поступает в полость приводов через перепускную втулку 14.

Часть воздуха через продольные пазы обоймы подшипника 16 поступает в полость 17 и далее через маслоотделяющие отверстия 18 во внутреннюю полость валика, туда же через входной маслоотделяющий конус валика поступает остальная часть воздуха.

Через второй ряд отверстий 20 воздух попадает в полость 19 и далее по каналам и трубопроводу к эжектору 21 выхлопного сопла.

1. 6. Топливная система

Топливная система (рис. 6) обеспечивает питание двигателя топливом на всех режимах его работы и состоит из системы низкого давления, пусковой системы и системы высокого давления.

Система низкого давления включает самолетный топливный бак 1, самолетный подкачивающий насос 2, пожарный кран 4, фильтр тонкой очистки 6 и трубопроводы, соединяющие перечисленные агрегаты.

Пусковая система включает пусковой насос 14, электромагнитный клапан пускового топлива 13, пусковую форсунку 12 и трубопроводы.

Система высокого давления включает насос-регулятор 9, рабочие форсунки 11 и трубопроводы.

Из топливного бака 1 топливо подается подкачивающим насосом 2 к фильтру тонкой очистки 6 и затем к насосу-регулятору под давлением 0,6:-1,7 кг/см².

В насосе-регуляторе топливо разделяется на два потока, один из которых идет к пусковому насосу, а второй к центробежному насосу регулятора.

В процессе раскрутки двигателя при запуске пусковой насос питает топливом пусковую форсунку через пусковой клапан. При отключении пускового электростартера прекращает работу пусковой насос.

Топливный насос-регулятор вступает в работу в процессе раскрутки ротора от электростартера после открытия электромагнитным клапаном канала подачи топлива на рабочие форсунки. Управляет пусковым клапаном и клапаном рабочего топлива в процессе запуска программный механизм АПД-9.

В топливной системе установлен электроприводной пожарный кран 4, служащий для полного прекращения подачи топлива в двигатель в аварийных случаях.

Кроме того, в насосе-регуляторе имеется электромагнитный клапан 10, который выполняет следующие две функции: автоматическое прекращение подачи топлива при достижении двигателем предельных оборотов по команде датчика 8 и принудительное прекращение подачи топлива при нажатии на кнопку останова двигателя.

1. 7. Система топливорегулирования

1. 7. 1. Общие сведения

Топливорегулирующая аппаратура двигателя состоит из насоса-регулятора НР-9К и пускового насоса НП-9 и выполняет следующие функции.

НАСОС-РЕГУЛЯТОР (рис. 7 — 9):

1. Регулирует подачу топлива в двигатель во всем диапазоне его работы — от начала подачи рабочего топлива в процессе запуска до выхода на рабочие обороты турбокомпрессора.

2. За счет изменения подачи топлива поддерживает постоянными рабочие обороты ротора двигателя независимо от изменения нагрузки — отбора воздуха или его перепуска.

3. Прекращает подачу топлива в двигатель при снятии электрической команды с электромагнитного клапана оста-

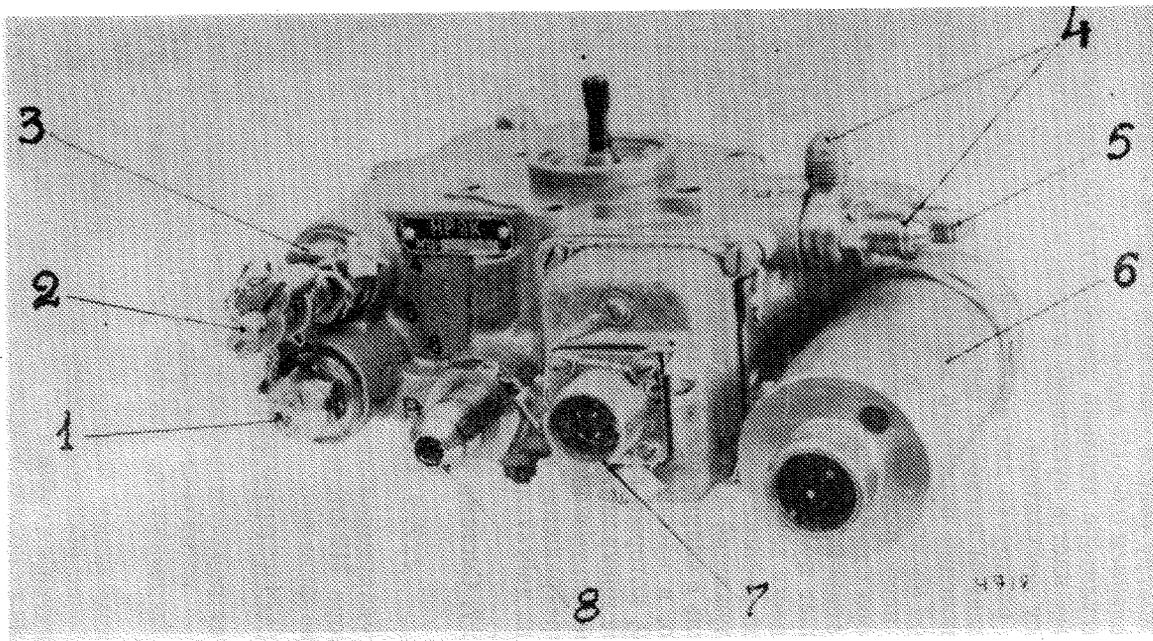


Рис. 7. Насос-регулятор (вид слева):

1 — узел коррекции и проверки работоспособности сигнализатора предельных оборотов; 2 — регулировочный винт 4; 3 — регулировочный винт 5; 4 — штуцера отвода дренажного топлива и масла; 5 — штуцер отвода топлива на рабочие форсунки; 6 — электромагнитный клапан останова; 7 — блок контакторов сигнализации оборотов; 8 — штуцер подвода топлива.

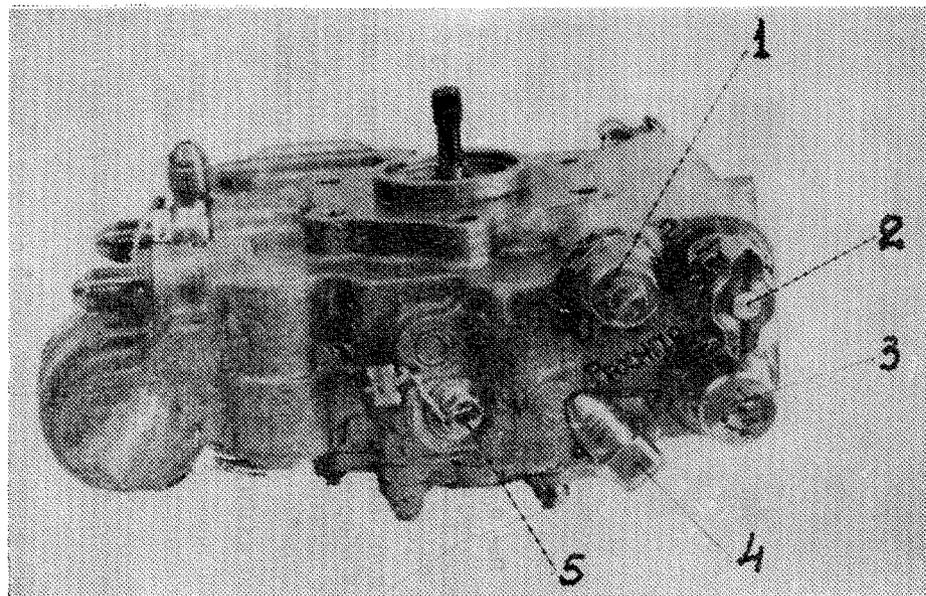


Рис. 8. Насос-регулятор (вид справа):

1 — узел клапана стравливания воздуха из топливной системы; 2 — регулировочный винт; 3 — узел коррекции сигнализатора рабочих оборотов; 4 — штуцер отвода топлива к пусковому топливному насосу; 5 — жиклер подачи топлива в процессе запуска.

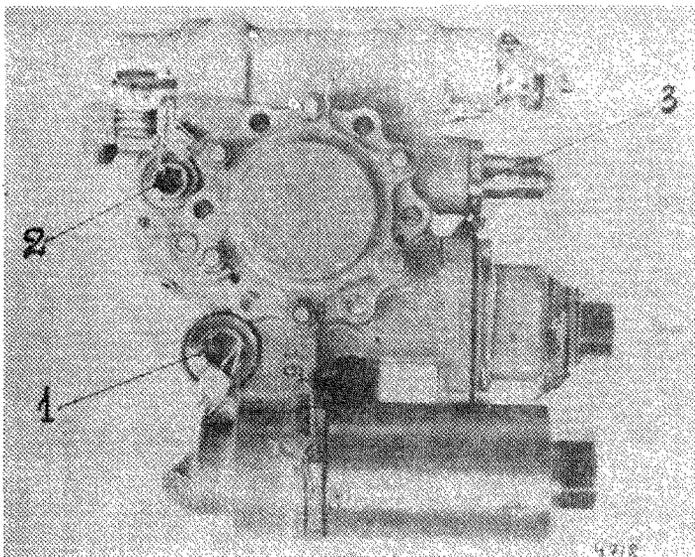


Рис. 9. Насос-регулятор (вид снизу):
 1 — фильтр топлива, идущего на рабочие форсунки; 2 — фильтр топлива командного давления; 3 — фильтр топлива, подводимого к насосу-регулятору и пусковому топливному насосу.

нова вручную или автоматически при достижении двигателем предельных оборотов.

4. Замыкает электрическую цепь при выходе двигателя на рабочие и предельные обороты (включает световые сигналы).

ПУСКОВОЙ НАСОС (рис. 10, 11):

Пусковой топливный насос — коловратного типа, предназначен для подачи топлива на пусковую форсунку двигателя.

1. 7. 2. Схема и принцип действия насоса-регулятора (рис. 12)

Насос-регулятор представляет собой агрегат, объединяющий в себе топливный насос высокого давления центробежного типа и статический регулятор постоянных физических оборотов ротора двигателя. В качестве управляющего сигнала регулятора оборотов используется давление топлива на выходе из центробежного насоса $P_n = f(p_{тк})$. Это же команд-

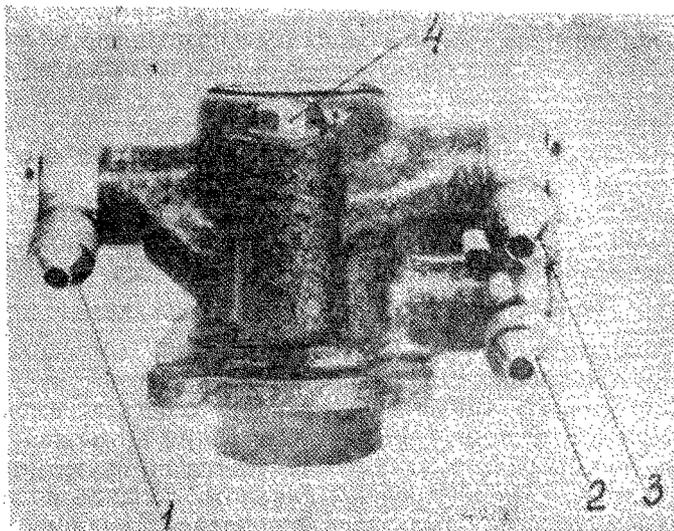


Рис. 10. Пусковой насос (вид сзади):
 1 — штуцер отвода пускового топлива от насоса к пусковой форсунке;
 2 — штуцер отвода дренажного топлива от насоса к насосу-регулятору;
 3 — штуцер подвода топлива от насоса-регулятора; 4 — редукционный клапан.

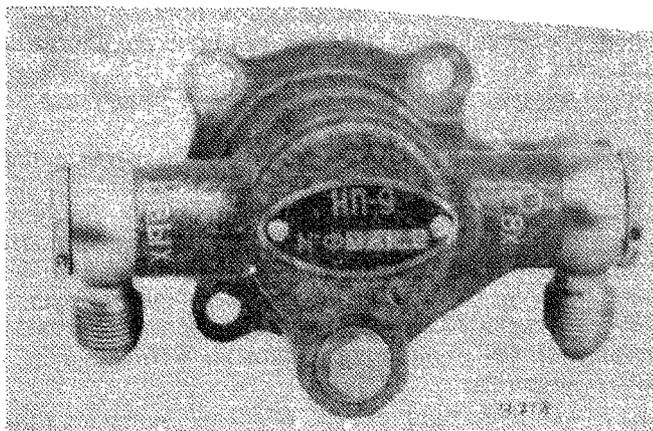


Рис. 11. Пусковой насос (вид сверху).

ное давление топлива используется для управления сигнализаторами контроля выхода двигателя на рабочие обороты и достижения предельно допустимых в эксплуатации оборотов.

Регулятор оборотов — однорежимный, т.е. обороты ротора двигателя поддерживаются практически постоянными (отличаются на величину статизма регулятора) за счет изменения расхода топлива с изменением загрузки.

Разгонная характеристика агрегата определяется характеристикой центробежного насоса, скорректированной жиклером постоянного сечения на выходе из насоса.

Работа основной дозирующей системы.

Из топливной системы низкого давления топливо по наружному трубопроводу подводится к входному штуцеру 3 топливного агрегата. Во входном штуцере агрегата вмонтирован топливный фильтр 6, предотвращающий возможность попадания посторонних механических частиц во внутренние полости агрегата. По внутренним каналам топливо подводится к осевой расточке крыльчатки 8, попадает в радиальные каналы диска крыльчатки и приводится во вращение. Под действием центробежных сил топливо отбрасывается к периферии полости, в которой вращается крыльчатка, а оттуда отводится по радиальному каналу 9 как командное давление $P_p = f(n)$ к золотнику 25 регулятора оборотов и к золотникам 12 и 21 узлов коррекции сигнализаторов рабочих и предельных оборотов и как рабочее давление системы топливопитания по тангенциальному каналу 7 к жиклеру 1.

Жиклер 1 обеспечивает расход топлива по разгонной характеристике.

Регулировка разгонной характеристики производится подбором необходимого диаметра жиклера.

После жиклера 1 рабочее топливо подводится к дозирующей кромке золотника регулятора оборотов 25.

Из канала 9 топливо с давлением P_p через дополнительный фильтр командного топлива 24 подается в полость 27 к торцу золотника регулятора оборотов 25. Давление в полости 27 определяется соотношением площадей нерегулируемого отверстия 26 во втулке 43 и отверстия 28, проходное сечение которого определяется положением кромки золотника 29 (регулирующего винта 2).

При разгоне двигателя растут обороты центробежного насоса и соответственно растет командное давление P_p в канале 9, а следовательно, и в полости 27. Однако на оборотах дви-

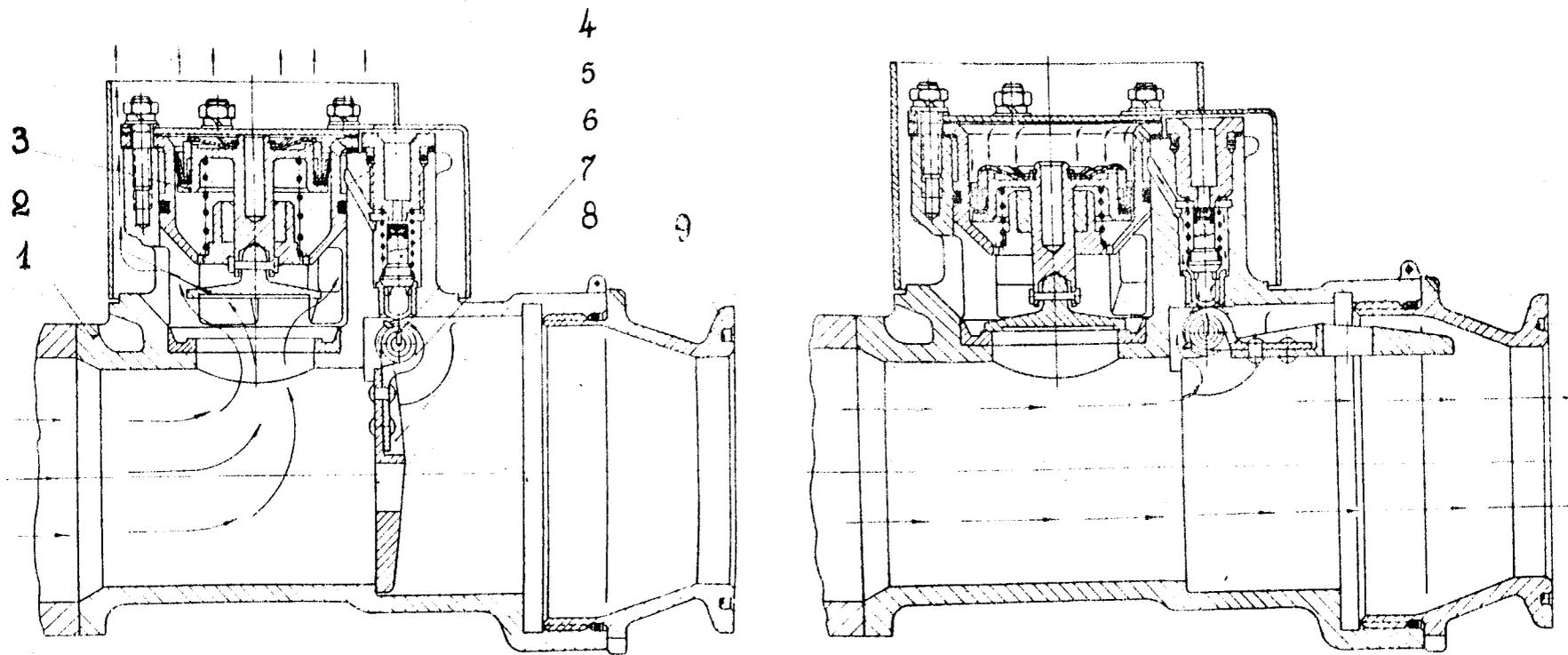


Рис. 4. Схема действия перепускного клапана КП-9.
 (Слева -перепуск в атмосферу; справа-отбор воздуха потребителями)

1-корпус перепускного клапана; 2-грибок перепускного клапана; 3-поршень; 4-пружина поршня;
 5- шток клапана; 6-пружина заслонки; 7-кулачок заслонки; 8-заслонка перепускного клапана;
 9- фланец присоединения трубопроводов потребителя воздуха.

двигателя ниже рабочих давлений в полости 27 недостаточно для преодоления усилия пружины 30, которая удерживает золотник регулятора оборотов 25 на упоре регулировочного винта 2 через промежуточный золотник 29.

При достижении настроенной величины рабочих оборотов давление топлива в полости 27 достигает величины, способной преодолеть усилие от пружины 30, золотник регулятора оборотов 25 смещается и прикрывает своей кромкой проходное сечение отверстия 31, уменьшая тем самым количество топлива, поступающего на рабочие форсунки 38 по каналам 33 и 35 через седло 37 клапана останова и дополнительный фильтр 34, защищающий этот клапан от попадания посторонних частиц. При уменьшении оборотов двигателя давление в полости 27 уменьшается и золотник 25 под действием пружины 30 снова перемещается в сторону упора винта 2, увеличивая площадь дозирующего отверстия 31, а соответственно, и расход топлива через рабочие форсунки.

Усилие пружины 30, а следовательно, и настройка регулятора оборотов регулируется винтом 4, минимальный расход топлива при работе регулятора ограничивается упором регулировочного винта 5.

Электромагнитный клапан останова 36 предназначен для открытия (при подаче на его обмотку тока напряжением 27 вольт) и закрытия (при обесточивании) канала подачи топлива на рабочие форсунки двигателя.

Подача питания в обмотку клапана (начало подачи рабочего топлива) осуществляется автоматически в процессе запуска двигателя программным механизмом панели запуска.

Снятие питания (прекращение подачи рабочего топлива) может выполняться вручную из пульта управления на любом режиме работы двигателя и автоматически при срабатывании концевого выключателя 20 ограничителя предельных оборотов двигателя.

Работа сигнализаторов рабочих и предельных оборотов

Контроль оборотов ротора двигателя осуществляется по двум световым сигналам, один из которых (зеленый цвет) включается при достижении двигателем рабочих оборотов и свидетельствует о нормальной работе двигателя, второй (красный цвет) включается при достижении ротором двигателя

Библиотека УТО

14.11.77

№

12357

предельно допустимых оборотов и при этом одновременно выдает команду на останов двигателя — обесточивается клапан останова.

Электрогидравлические сигнализаторы рабочих и предельных оборотов конструктивно выполнены в насосе-регуляторе и используют в качестве командного параметра давление топлива $P_n = f(n)$ за центробежным насосом. Работают сигнализаторы следующим образом.

На рабочих оборотах давление P_n , подводимое к золотнику 12 узла коррекции срабатывания сигнализатора рабочих оборотов по входному давлению, образует под этим золотником силу, большую величины суммы сил затяжки пружины 10 и входного давления, действующих на противоположный торец золотника 12. При этом золотник 12 перемещается, открывая своей кромкой отверстия 16 во втулке 19. Топливо с давлением P_n через отверстия в золотнике 12 и отверстия 16 во втулке подводится к мембране 13 узла контактора рабочих оборотов. Под действием прогиба мембраны от давления P_n перемещается золотник 14, нажимая на кнопку микровыключателя 15. Электрическая цепь замыкается, загорается зеленая лампочка.

При падении оборотов ниже рабочих давление P_n уменьшается настолько, что золотник 12 под действием пружины 10 перемещается до упора во втулку 19. При этом поясok золотника 12 перекрывает отверстия 16 подвода топлива P_n и открывает отверстия 11, соединяющие полость под мембраной 13 со сливной полостью (вход в центробежный насос). Под действием пружины 17 золотник 14 перемещается до упора 18 и контакты микровыключателя размыкаются, зеленая лампочка гаснет.

Работа сигнализатора предельно допустимых оборотов аналогична работе сигнализатора рабочих оборотов. При достижении предельных оборотов электрическая цепь замыкается микровыключателем 20, загорается красная лампочка и подается сигнал на реле останова двигателя. При этом обесточивается обмотка электромагнитного клапана останова двигателя, тем самым прекращается подача топлива на рабочие форсунки. Двигатель останавливается.

Для обеспечения периодической проверки срабатывания сигнализатора предельных оборотов без выхода двигателя на эти обороты используется регулировка настройки сигнализатора колпачком 23.

При необходимости проверки работоспособности сигнализатора колпачок 23 отворачивается на 270°:- 360°. При этом затяжка пружины 22 уменьшается, и обороты настройки снижаются до рабочих. При запуске и выходе двигателя на рабочие обороты, сигнализатор предельных оборотов будет включать красную лампочку и останов двигателя. После выполнения указанной проверки колпачок 23 снова заворачивается до упора, который определяет нормальную настройку сигнализатора.

Шариковый клапан стравливания воздуха 32 предназначен для удаления воздуха из топливной полости командного давления Рп перед первым запуском двигателя, после замены топливного регулятора или топливных коммуникаций и после осмотра топливных фильтров топливного агрегата.

Удаление воздуха осуществляется при помощи специального приспособления, утапливающего шарик клапана 32 при работающих подкачивающих насосах за счет прокачки топлива через агрегат.

Пусковой топливный насос

Пусковой топливный насос — коловратного типа, состоит из алюминиевого корпуса 42 с запрессованной бронзовой втулкой 41 и ротора 40. Ограничение величины давления топлива на выходе из насоса осуществляется редукционным шариковым клапаном 39.

1. 8. Электрооборудование двигателя

1. 8. 1. Электрооборудование двигателя обеспечивает:

Запуск двигателя.

Холодную прокрутку.

Ложный запуск двигателя.

Прекращение процессов запуска, ложного запуска и холодной прокрутки в любой момент.

Останов двигателя

1. 8. 2. В электрооборудование двигателя входят следующие агрегаты:

Агрегаты, устанавливаемые на двигателе:

— электродвигатель СТ-ЗПТ;

— катушка зажигания КР-12СИ;

— свеча СД-55АНМ;

- электромагнитный клапан пускового топлива;
 - электромагнитный клапан останова двигателя;
 - сигнализатор минимального давления масла.
- Агрегаты, устанавливаемые на самолете (вертолете):
- автоматическая панель запуска двигателя АПД-9;
 - пусковое сопротивление ПС-250-0,12;
 - коммутационная, защитная и сигнальная аппаратура.

1. 8. 3. Работа схемы в процессе запуска двигателя. (рис. 13)

Перед запуском двигателя необходимо включить автоматы защиты сети (АЗС) и подключить питание постоянным током.

При подключении источника питания к бортовой сети через автоматы защиты сети питание подается:

- на переключатель 8 «Холодная прокрутка — запуск — ложный запуск»;

- на контакты 2, 5, 8 реле P_1 , контакты 2 и 5 реле P_2 , контакты 5, 8 реле P_3 , контакт 3 моторного реле МР, контакт 5 реле P_4 , контакт 3 реле P_5 ;

- через контакты концевого выключателя шайбы 0 на кнопку запуска 4;

- через контакты 2—1 реле останова 6, кнопку останова двигателя 7 на контакт 11 реле P_1 ;

- в зависимости от положения переключателя 8 на контакт 17 или 14 реле P_1 ;

- на контакты контакторов 22 и 23;

- на сигнализатор номинального давления масла 15, сигнализатор 14 рабочих оборотов и сигнализатор 13 предельных оборотов.

Для запуска двигателя необходимо переключатель 8 поставить в положение «Запуск», нажать и отпустить кнопку запуска 4.

Раскрутка ротора двигателя осуществляется электродвигателем 20. Включение и отключение агрегатов в процессе запуска осуществляется программным механизмом У1, который имеет семь двойных профилированных шайб, насаженных на выводной вал редуктора мотора программного механизма. Выдача команд осуществляется путем переключения контактов конечных выключателей, на которые воздействуют программные шайбы.

При нажатии на кнопку запуска подается питание на обмотку реле P_1 , которое включается и самоблокируется через контакты 2—1 реле останова 6, кнопку останова 7, свои контакты 11—12, контакты центробежного выключателя электродвигателя 20, контакты концевого выключателя шайбы А.

При включении реле P_1 через его контакты подается питание на:

— клемму А моторного реле МР, которое включается и включает в работу мотор программного механизма, начинается обработка программы;

— клемму 14 концевого выключателя шайбы Г;

— клемму 17 концевого выключателя шайбы Д;

— клемму 20 концевого выключателя шайбы Е;

— клемму А реле P_2 , которое включается и подает питание на контактор включения подкачивающего топливного насоса.

В процессе обработки программы программный механизм выдает команды в заданной последовательности:

1. Через 1,5 сек переключаются контакты концевого выключателя шайбы 0, через замкнувшиеся контакты концевого выключателя осуществляется управление продолжительностью работы моторного программного механизма, длительностью работы 30 сек.

2. Через 5 сек переключаются контакты концевых выключателей шайб В, Д и Е.

При переключении контактов концевого выключателя шайбы Д подается питание на включение контактора 22, контактор включается и через пусковое сопротивление 21 подается питание на электромотор 20.

При переключении контактов концевого выключателя шайбы Е подается питание на включение реле P_3 , через контакты которого подается питание на катушку зажигания 19.

На свечу 18 подается высокое напряжение. При переключении контактов концевого выключателя шайбы В подается питание на реле P_4 , через контакты которого питание подается на клемму 8 концевого выключателя шайбы Б и на клапан пускового топлива 17. Происходит воспламенение пускового топлива.

3. Через 6 сек переключаются контакты концевых выключателей шайб Б и Г, при этом концевой выключатель шайбы Б переключается раньше выключателя шайбы Г.

При переключении контактов концевого выключателя шайбы Б подается питание на включение реле P_3 , реле включается и подает питание на клапан останова двигателя 16, на рабочие форсунки поступает топливо, которое воспламеняется от факела запального устройства. Через контакты 11—12 реле P_3 самоблокируется, и клапан останова остается включенным на все время работы двигателя.

При переключении контактов концевого выключателя шайбы Г подается питание на включение контактора 23, контактор включается и подает питание на электродвигатель 20, минуя пусковое сопротивление.

4. Через 12 сек переключаются контакты концевого выключателя шайбы В. При переключении контактов шайбой В отключается питание реле P_4 , которое снимает питание с клапана пускового топлива и концевого выключателя шайбы Б.

В конце цикла переключаются контакты шайбой Е, отключается реле P_5 , которое снимает питание с катушки зажигания.

При достижении двигателем оборотов, равных 17500—20500 об/мин, отключается питание электродвигателя. Отключение электродвигателя осуществляется по оборотам центробежным выключателем, встроенным в электродвигатель, или по времени — программным механизмом. Центробежный выключатель электродвигателя разрывает цепь блокировки реле P_1 . Реле P_1 отключает питание электродвигателя СТ-ЗПТ.

Если в течение 20 сек двигатель не выйдет на обороты, равные 17500—20500 об/мин, то переключатся контакты концевого выключателя шайбы А, в результате чего разорвется цепь блокировки реле P_1 . Реле P_1 отключит электродвигатель СТ-ЗПТ.

По истечении 30 сек от начала запуска программный механизм VI становится в исходное для следующего запуска положение.

Ложный запуск

При проведении ложного запуска переключатель 8 ставить в положение «Ложный запуск».

Ложный запуск происходит аналогично запуску двигателя, но зажигание двигателя не включается.

Агрегаты системы запуска отключаются программным механизмом по времени. Длительность ложного запуска — 20 сек.

Холодная прокрутка

Переключатель 8 ставить в положение «Холодная прокрутка».

В отличие от запуска и ложного запуска холодная прокрутка производится без включения зажигания и подачи пускового и рабочего топлива. Длительность холодной прокрутки — 20 сек.

Останов двигателя

На запуске и режимной работе останов двигателя осуществляется путем нажатия на кнопку останова 7.

При нажатии кнопки останова прерывается цепь включения реле P_1 и реле P_3 , в результате чего отключаются все агрегаты системы запуска двигателя и клапан останова.

Двигатель останавливается.

Кроме этого, двигатель имеет аварийный останов по предельным оборотам.

При достижении двигателем предельных оборотов замыкаются контакты 3—1 сигнализатора предельных оборотов 13, питание подается на сигнальную лампочку останова 5 и на включение реле останова 6.

Реле включается и разрывает цепь самоблокировки реле P_3 . Реле P_3 отключается и снимает питание с клапана останова двигателя 16. Двигатель останавливается.

Лампочка сигнализации останова двигателя 5 горит, так как реле 6 через свои контакты 2—3 самоблокируется.

Для следующего запуска двигателя необходимо выключить и включить питание бортовой сети.

1. 9. Измерение температуры газов за турбиной

Для измерения температуры газов за турбиной применен комплект термоэлектрического термометра ТСТ-282С.

Указатель температуры ТС-2 устанавливается на приборной доске пульта управления.

Две термопары Т-82К устанавливаются в специальные штуцера, расположенные на реактивном сопле двигателя.

Примечание. Термопары Т-82К являются модификацией термопар Т-82С и комплектно взаимозаменяемы.

Подсоединение термопар параллельное, как показано на схеме (рис. 14).

Для исключения случаев перепутывания полярности термопар положительный (хромелевый) электрод изготовлен короче отрицательного (алюмелевого).

1. 10. Основные отличия двигателей по выпускам

1. На двигателях выпуска до № 9910001 установлен маслонасос центробежного типа. Начиная с двигателя № 9910001, а также на ранее выпущенных двигателях, прошедших ремонт после 1 января 1969 года, устанавливается маслонасос шестерчатого типа.

Двигатели с центробежным маслонасосом эксплуатировать на масле МК-8 или МК-6.

Двигатели с шестерчатым маслонасосом эксплуатировать на масле Б-3В.

2. На двигателях до № 9920011 устанавливался топливный насос-регулятор ПР-9Т. Начиная с № 9920011, на двигателях устанавливаются насосы-регуляторы ПР-9К повышенной надежности за счет установления более надежного электромагнитного клапана прекращения подачи топлива на рабочие форсунки двигателя, а также аннулирования узла прекращения питания рабочих форсунок с пускового топлива на основное.

Насос-регулятор ПР-9К по принципу работы не отличается от ПР-9Т, но имеет отличия по внешней конфигурации.

Установка насоса регулятора ПР-9К на двигатель никаких особенностей в эксплуатацию двигателя не вносит.

Насос-регулятор ПР-9К комплектно с трубопроводами 9-08-03-150 отвода топлива от насоса-регулятора к пусковому насосу и 9-08-03-160 подвода топлива к электромагнитному клапану пускового топлива взаимозаменяемы с ПР-9Т

комплектно с трубопроводами 9-08-03-130; 9-08-03-100 и 9-08-03-030.

Обратная замена не допускается.

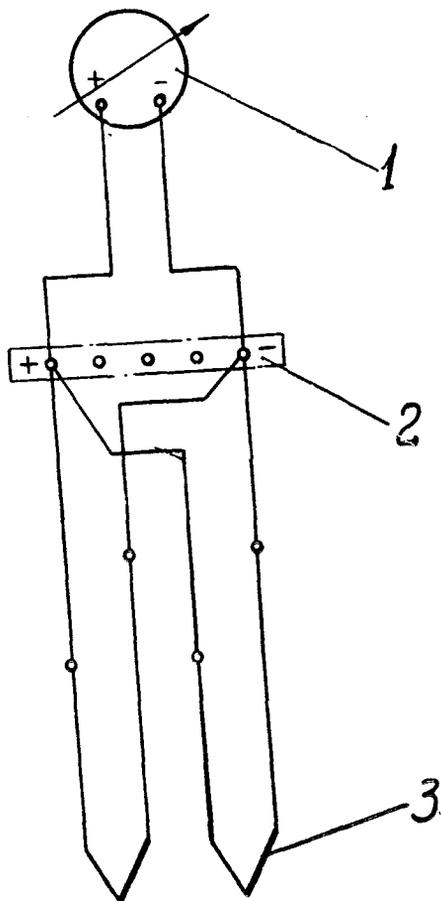


Рис. 14. Схема подсоединения термометра ТСТ-282С:
1 — указатель; 2 — колодка соединительная; 3 — термопара.

Г л а в а II

ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ ДВИГАТЕЛЯ

2. 1. Условное обозначение двигателя АИ-9
2. 2. Тип двигателя газотурбинный
2. 3. Направление вращения ротора (если смотреть со стороны выхлопного сопла) левое
2. 4. Назначение наземное питание воздушных систем запуска ГТД
2. 5. Номинальное число оборотов, об/мин. 38500 ± 500
2. 6. Основные параметры двигателя на режиме отбора воздуха в земных стандартных условиях ($H=0$, $V=0$, $t_n=+15^\circ\text{C}$, $P_n=760$ мм рт. ст.) при $n=38500$ об/мин.
- количество отбираемого воздуха, кг/сек 0,38
 - полное давление отбираемого воздуха, ата, не менее 2,4
 - температура отбираемого воздуха, $^\circ\text{C}$, не менее 130
 - расход топлива, кг/час, не более 75
2. 7. Режим работы 3 последовательных отбора воздуха в систему запуска двигателя АИ-25. Непрерывное время работы не более 13 мин., после этого охлаждение двигателя не менее 15 минут
2. 8. Компрессор:
- тип центробежный
 - количество ступеней одна
2. 9. Камера сгорания:
- тип кольцевая
 - количество головок 8
 - количество форсунок 8
 - форсунка одноканальная

2. 10. Турбина:
- тип осевая
 - количество ступеней 1
2. 11. Реактивное сопло:
- тип расширяющееся
2. 12. Температура газов за турбиной в °С:
- а) на рабочих оборотах не более 720 ✓
 - б) максимально допустимый заброс при запуске не более 850
2. 13. Топливо (основное и пусковое):
- сорт топлива Т-1, ТС-1 (по гост 10227-62) и их смеси
 - давление на входе в двигатель, кг/см² 0,6:-1,7
2. 14. Топливный насос-регулятор:
- условное обозначение НР-9К
 - назначение а) регулирование подачи топлива от начала запуска до рабочих оборотов;
б) прекращение подачи топлива в двигатель;
в) замыкание электрической цепи при выходе двигателя на рабочие обороты
2. 15. Пусковой топливный насос:
- условное обозначение НП-9
 - назначение подача топлива на пусковую форсунку при запуске
 - направление вращения (по гост 1630-46) правое
2. 16. Система смазки:
- тип автономная, циркуляционная, под давлением
 - сорт масла БЗ-В по МРТУ-38-1-157-65

Примечание. Двигатели, выпущенные до 1 января 1969 г. (до № 9911001), имеют центробежный маслонасос; их эксплуатировать на масле МК-8 по гост 6457-66 или МК-6 по гост 10328-63.

- расход масла, л/час, не более 0,15
- количество заливаемого масла, л 2+^{0,2}

2. 17. Маслонасос:
- тип шестеренчатый, двух-секционный
 - назначение подача масла на смазку двигателя под давлением и откачка из корпуса ротора в маслобак
2. 18. Система запуска:
- тип электрическая, автономная, автоматическая
 - питание электротоком от двух аккумуляторных батарей 12САМ-28 или от аэродромного источника постоянного тока (напряжение 27 вольт $\pm 10\%$)
2. 19. Пусковой электродвигатель:
- условное обозначение СТ-3ПТ
 - тип постоянного тока
 - режим работы 3 включения с перерывами по 1 минуте с последующим полным охлаждением
2. 20. Пусковая катушка:
- условное обозначение КР-12СИ
 - тип вибраторный
2. 21. Запальный агрегат:
- количество пусковых форсунок 1
 - условное обозначение запальной свечи СД-55АНМ
 - количество запальных свечей 1
2. 22. Сухой вес, кг 45
2. 23. Габаритные размеры, мм:
- длина 740,5
 - ширина 515
 - высота 490,3

Примечания: В настоящей инструкции приняты следующие понятия и определения:

1. Номинальное число оборотов двигателя ($n = 38500 \pm 500$ об/мин) — обороты, по которым производится отладка двигателя на стенде при контрольном испытании.

2. Рабочие обороты (от $n = 37000 \pm 500$ об/мин до $n = 41000 \pm 500$ об/мин) — диапазон оборотов, на которых может работать двигатель в эксплуатации. Эти обороты на самолете ЯК-40 контролируются по загоранию сигнальной лампочки на табло «Номинальные обороты».

3. Предельные обороты ($n=41000\pm 500$ об/мин) — обороты, выше которых двигатель автоматически выключается.

4. Режим холостого хода (режим перепуска воздуха) — двигатель работает на рабочих оборотах, но воздух из ресивера двигателя для потребителей не отбирается, а перепускается в атмосферу через клапан КП-9.

5. Режим отбора воздуха — двигатель работает на рабочих оборотах, воздух из ресивера двигателя отбирается для потребителей, а перепуск воздуха из ресивера двигателя в атмосферу перекрыт клапаном КП-9.

КОНТРОЛИРУЕМЫЕ ПАРАМЕТРЫ ДВИГАТЕЛЯ ПРИ РАБОТЕ

№№ п-п	Замеряемые параметры	Условное обозначение прибора	Примечание
1.	Температура газа за турбиной	ТСТ-282С	предел измерения от 0° до 900°C
2.	Давление масла в двигателе	датчик МСТВ-1,2А	сигнальная лампочка загорается при достижении $P_m = 1,2 \pm 0,3$ кг/см ²
3.	Рабочие обороты двигателя	датчик, встроенный в агрегат НР-9К	сигнальная лампочка загорается при достижении двигателем оборотов 37000 ± 500 об/мин. Рабочий диапазон оборотов двигателя находится между 37000 ± 500 и 41000 ± 500 об/мин.
4.	Давление воздуха в магистрали отбора воздуха для запуска двигателей	манометр на давление $0-8$ кг/см ²	давление воздуха зависит от атмосферных условий
5.	Превышение предельно допустимых оборотов двигателя	датчик встроен в агрегат НР-9К	сигнальная лампочка загорается при превышении оборотов двигателя 41000 ± 500 об/мин.

Г л а в а ИИ

ТОПЛИВО И МАСЛО

3. 1. Топливо

Для двигателя применяется топливо марок Т-1 и ТС-1 по гост 10227-62 и их смеси.

3. 2. Масло

3. 2. 1. Двигатели с № 9910001 и прошедшие ремонт после 1 января 1969 года (с шестеренчатым маслонасосом) эксплуатировать на масле Б-3В по МРТУ-38-1-157-65.

На маслобаке этих двигателей имеется надпись «Залить масло Б-3В».

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МАСЛА Б-3В

Наименование показателей	Нормы
1) Вязкость кинематическая в ССТ: а) при 100°C б) при -30°C	не менее 4,8 не более 3500
2) Кислотное число в мг КОН на 1 г масла	4,0-:5,5
3) Содержание водорастворимых кислот и щелочей	отсутствуют
4) Содержание механических примесей	отсутствуют
5) Содержание воды	отсутствует
6) Температура застывания в °С	не выше — 60
7) Плотность при 20°C в г/см ³	0,99-:0,997

Примечания: 1. Отбор проб производят по гост 2517-60. Для контрольной пробы берут 2,0 литра масла.

2. Упаковку, маркировку, хранение и транспортирование масла производят по гост 1510-50 со следующими дополнениями: масло заготавливают в совершенно чистые сухие бидоны из белой жести емкостью 20 литров. Горловина бидонов запаивается бескислотной пайкой. Хранение готового масла должно производиться в закрытых помещениях.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ: 1. Масло Б-3В токсично и при работе с ним необходимо соблюдать правила техники безопасности.

2. Масло Б-3В, пролитое при заправке на окрашенные поверхности, резиновые детали, электропроводку, инструмент и т. д., должно быть немедленно удалено при помощи салфетки, смоченной в бензине или керосине.

3. Смешивать масло Б-3В с маслами МК-8 или МК-6 запрещается.

3. 2. 2. Двигатели до № 9910001 и прошедшие ремонт до 1 января 1969 года (с центробежным маслонасосом) эксплуатировать на масле МК-8 по гост 6457-66 или МК-6 по гост 10328-63.

Примечание. При эксплуатации двигателя на маслах МК-8 или МК-6 разрешается дозаправка масляного бака как маслом МК-8, так и маслом МК-6 независимо от марки масла первоначальной заправки.

Г л а в а IV

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ДВИГАТЕЛЯ

4. 1. Запуск двигателя

4.1.1. Запуск двигателя производится от двух аккумуляторных батарей 12САМ-28 или 20КНБН-25 или аэродромного источника постоянного тока с напряжением 27 в $\pm 10\%$

4.1.2. Для запуска двигателя необходимо:

а) включить все автоматы защиты аппаратуры контроля и управления двигателем;

б) открыть пожарный кран подачи топлива к двигателю;

в) включить самолетные подкачивающие насосы;

г) переключатель «Запуск — холодная прокрутка — ложный запуск» поставить в положение «Запуск»;

д) дать сигнал о начале запуска и кратковременно нажать на кнопку «Запуск».

4.1.3. При нажатии на кнопку запуска вступает в работу автоматическая панель запуска двигателя, которая обеспечивает автоматическое подключение и отключение агрегатов

системы запуска по заданной программе в процессе запуска двигателя.

Контролируется работа автоматической панели запуска по загоранию сигнальной лампочки — при работе лампочка горит.

Процесс запуска двигателя с момента нажатия на кнопку «Запуск» протекает следующим образом:

а) На 1-ой секунде переключается на форсажный режим один из подкачивающих насосов самолетной топливной системы.

б) На 5-ой секунде:

— подается питание на электростартер через пусковое сопротивление, при этом начинается раскрутка ротора;

— подается питание на катушку зажигания, от которой на свечу подается высокое напряжение;

— подается питание к электромагнитному клапану пускового топлива, при этом в камеру сгорания начинает поступать топливо (через пусковую форсунку), где и происходит его воспламенение.

в) На 6-ой секунде:

— подается питание на клапан останова двигателя, при этом в камеру сгорания начинает поступать топливо через рабочие форсунки;

— шунтируется пусковое сопротивление цепи питания электростартера, и электростартер начинает более интенсивно раскручивать двигатель.

г) На 12-ой секунде:

— снимается питание с клапана пускового топлива, при этом прекращается подача топлива через пусковую форсунку.

д) При достижении ротором двигателя оборотов 17500:-:20500 об/мин за время менее 20 секунд происходит отключение электростартера центробежным выключателем, встроенным в электростартер.

При отключении электростартера прекращает работу и пусковой насос.

Если в течение 20 секунд с момента нажатия на кнопку «Запуск» обороты ротора двигателя не достигнут 17500:-:20500 об/мин, то на 20-й секунде произойдет отключение электростартера программным механизмом АПД по времени, одновременно с отключением электростартера подкачиваю-

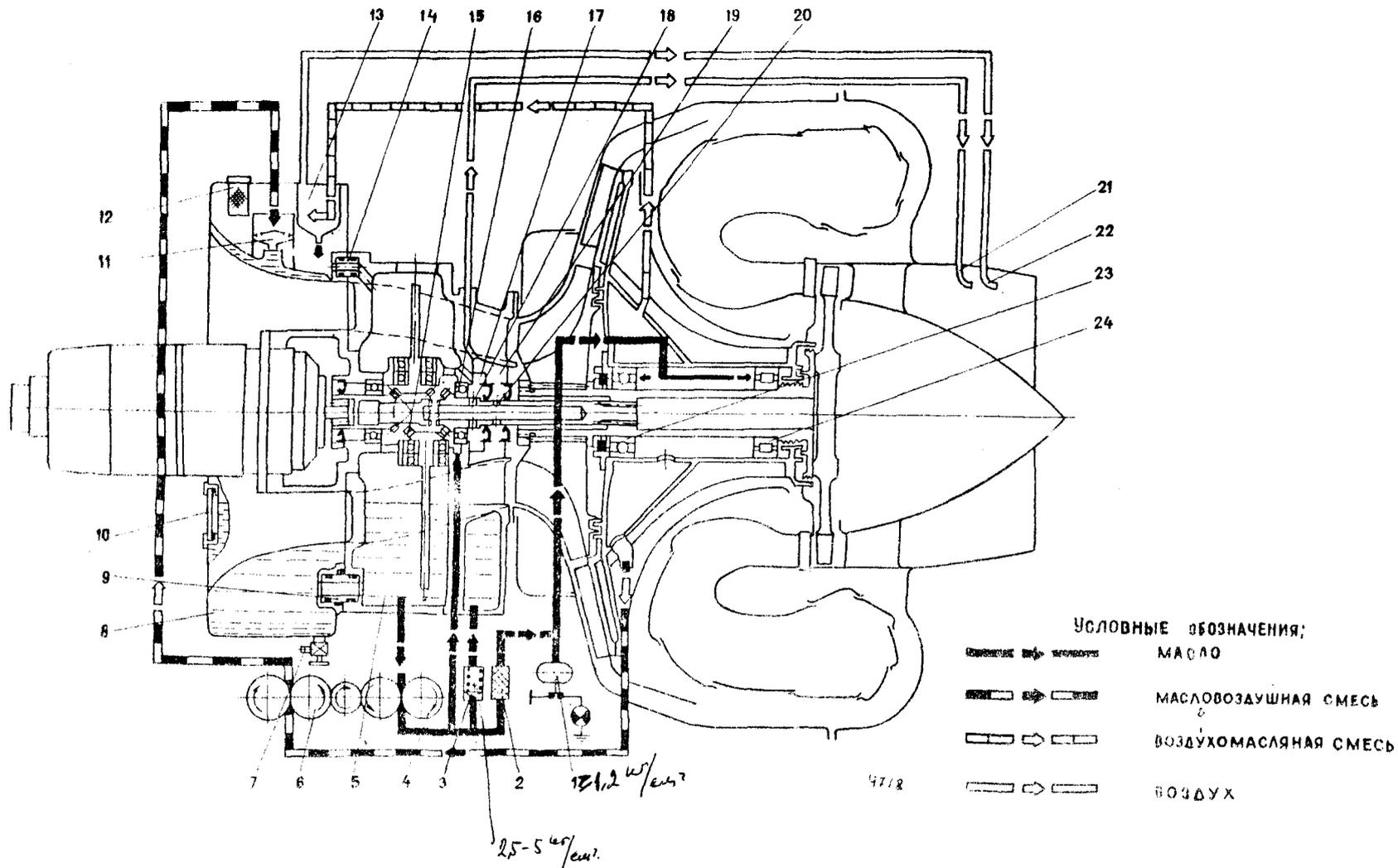


Рис. 5. Схема маслосистемы и суфлирования двигателя.

1-сигнализатор минимального давления масла; 2-фильтр; 3-редукционный клапан; 4-магнетающая секция маслонасоса; 5-поддон; 6-откачивающая секция маслонасоса; 7-сливной кран; 8-маслобак; 9-перепускная втулка; 10-мерное стекло; 11-воздухоотделитель; 12-заливная горловина с фильтром; 13-суфлирующий бачок; 14-перепускная втулка; 15-конические шестерни привода; 16-ш.рикоподшипник привода; 17-полость входа эмульсии в суфлер; 18-отверстия для прохода воздуха; 19-полость очищенного воздуха; 20-отверстия выхода воздуха; 21,22-эжекторы суфлирования; 23-шарикоподшипник ротора; 24-ролик-подшипник ротора.

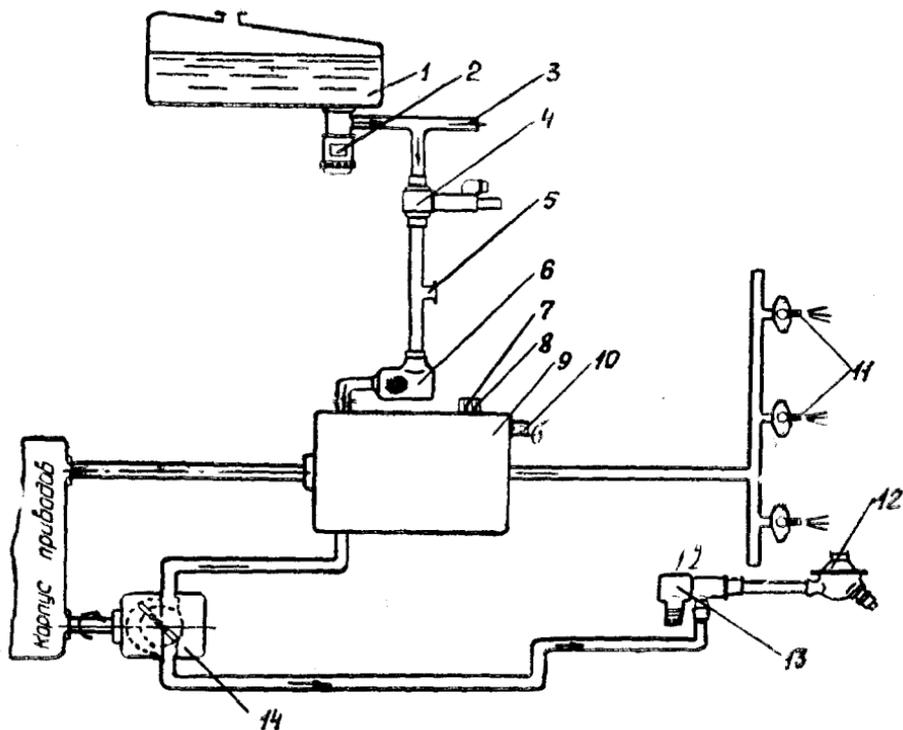


Рис. 6. Схема топливной системы двигателя:

1 — топливный бак; 2 — подкачивающий насос; 3 — трубопровод отвода топлива в топливную магистраль основного двигателя; 4 — пожарный кран; 5 — штуцер консервации топливной системы; 6 — фильтр тонкой очистки топлива; 7 — сигнализатор рабочих оборотов двигателя; 8 — сигнализатор предельных оборотов двигателя; 9 — насос-регулятор; 10 — электромагнитный клапан останова двигателя; 11 — рабочие форсунки; 12 — пусковая форсунка; 13 — клапан пускового топлива; 14 — пусковой насос.

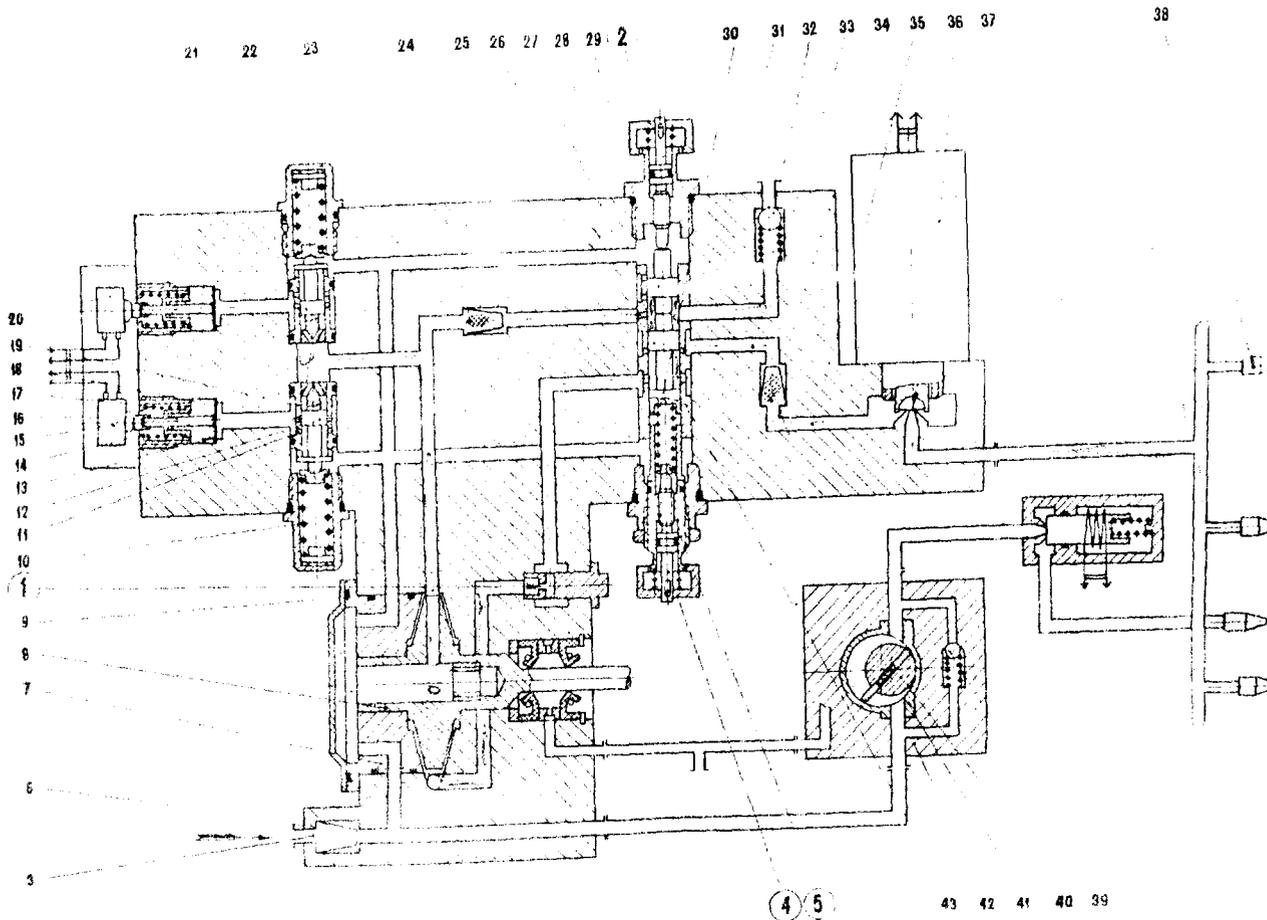


Рис. 12. Схема системы топливнорегулирования двигателя.

1-жиклер регулировки разгонной характеристики; 2-винт регулировки командного давления регулятора оборотов; 3-штуцер подвода топлива к насосу-регулятору; 4-винт настройки регулятора оборотов; 5-винт регулировки минимального расхода топлива; 6-топливный фильтр; 7-тангенциальный канал рабочего топлива; 8-крыльчатка; 8-радиальный канал командного топлива; 10, 17, 22, 30-пружины; 11-сливные отверстия; 12, 21-золотники узлов коррекции срабатывания сигнализаторов рабочих и предельных оборотов; 13-мембрана; 14-золотник сигнализатора рабочих оборотов; 15, 20-микровыключатель; 16-отверстие подвода топлива к сигнализатору рабочих оборотов; 18-упор; 19-втулка; 23-коллачок; 24-фильтр; 25-золотник регулятора оборотов; 26-отверстие подвода командного топлива к золотнику регулятора оборотов; 27-полость командного топлива регулятора оборотов; 28-отверстие во втулке золотника; 29-золотник регулировка командного давления регулятора оборотов; 31-дозирующее отверстие регулятора оборотов; 32-клапан страивания воздуха; 33, 35-каналы рабочего топлива; 34-фильтр; 36-клапан остановки; 37-седло; 38-рабочая форсунка; 39-редукционный клапан; 40-ротор; 41- втулка ротора; 42- корпус; 43- втулка.

щие топливные насосы самолетной системы переходят на номинальный режим работы.

е) После отключения электростартера двигатель выходит на режим холостого хода за счет сработки теплосодержания газов на турбине.

В процессе запуска следить за параметрами двигателя:

а) температурой газов за турбиной, которая не должна превышать 850°C ;

б) напряжением в сети запуска, которое не должно падать ниже 18 вольт;

в) временем выхода двигателя на режим холостого хода — с момента нажатия на кнопку «Запуск» до загорания сигнальной лампочки на табло «Номинальные обороты» должно быть не более 24 секунд. Сигнальная лампочка работы АПД должна погаснуть не позднее 30 секунд с момента ее загорания.

4.1.4. Запуск прекратить путем нажатия на кнопку останова двигателя если:

1) до 9 сек. нет показания температуры газов;

2) напряжение в сети запуска падает ниже 18 вольт;

3) температура газов за турбиной стремится превысить 850°C ;

4) после 24-ой секунды с начала запуска не зажглась сигнальная лампочка табло «Номинальные обороты»;

5) после 30 сек. с начала запуска продолжает гореть сигнальная лампочка работы автоматической панели запуска двигателя;

6) замечены какие-либо другие ненормальности в работе двигателя и систем.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ: 1. В случаях самопроизвольного выключения двигателя необходимо для прекращения подачи топлива в двигатель немедленно нажать и отпустить кнопку останова двигателя.

2. В случае неудавшегося запуска двигателя по причине невоспламенения топлива (нет показаний температуры газов или самопроизвольное выключение) следующий запуск производить только после выполнения холодной прокрутки с целью удаления скопившегося в камере сгорания топлива от неудавшегося запуска.

Холодную прокрутку выполнить, как указано в разделе 4.4.

3. Запрещается в процессе запуска двигателя включать отборы воздуха от него на потребители до выхода двигателя на рабочие обороты — до загорания сигнальной лампочки на табло «Номинальные обороты».

4.1.5. После выхода двигателя на режим холостого хода убедиться, что:

— горит сигнальная лампочка на табло «Номинальные обороты» двигателя;

— температура газов за турбиной установилась не выше 720°C;

— горит сигнальная лампочка номинального давления масла на входе в двигатель.

Примечания: 1. В процессе прогрева двигателя допускается мигание сигнальной лампочки давления масла.

2. При запуске (на двигателях до № 9911001 выпуска до 1 января 1969 г. с центробежным маслонасосом) допускается запаздывание загорания сигнальной лампочки давления масла до 4 минут после выхода на режим холостого хода в условиях окружающих температур от — 5°C и ниже;

— давление воздуха в магистрали отбора воздуха от двигателя должно быть не менее, чем показано на графике (рис. 15) для соответствующих окружающих температур и высот аэродрома.

4. 2. Останов двигателя

4.2.1. Останов двигателя в процессе его запуска и с режима холостого хода производится путем нажатия на кнопку останова двигателя.

4.2.2. Останов двигателя с режима отбора воздуха для запуска основного двигателя производится в следующем порядке:

— прекратить запуск основного двигателя;

— нажать на кнопку останова двигателя.

4.2.3. Двигатель имеет аварийный останов по предельным оборотам, который автоматически срабатывает и останавливает двигатель при превышении ротором оборотов 41000 ± 500 об/мин.

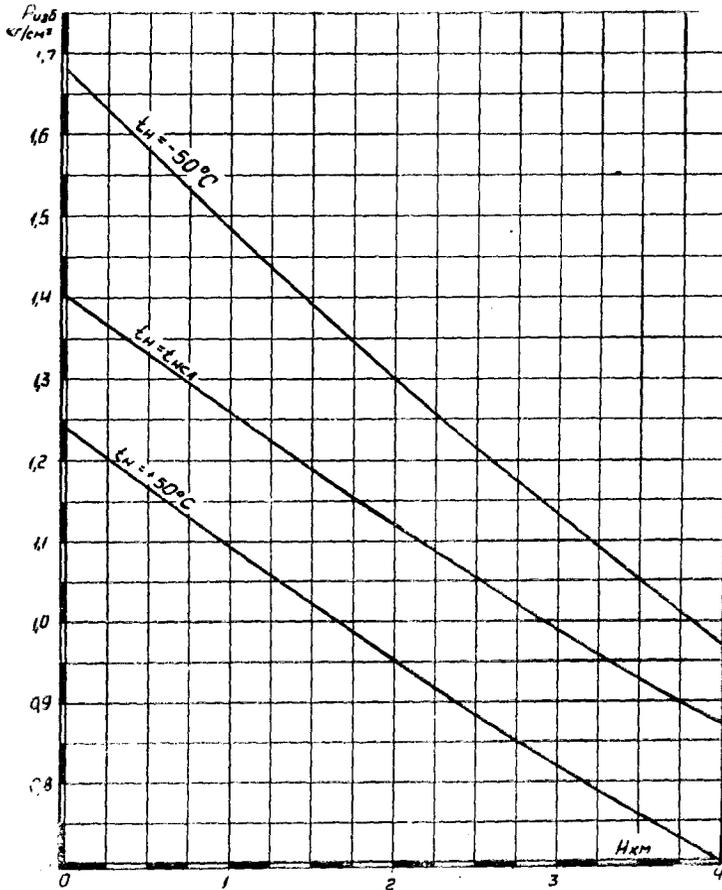


Рис. 15. График изменения давления в магистрали отбора воздуха от двигателя АИ-9 при его работе на холостом ходу (без отбора воздуха на потребители) в зависимости от окружающей температуры t_n °С и высоты аэродрома — H км.

При автоматическом останове двигателя по предельным оборотам загорается красная сигнальная лампочка, которая сигнализирует об останове двигателя по предельным оборотам.

После останова двигателя красная лампочка продолжает быть включенной — горит и сигнализирует о невозможности

последующего запуска без приведения электросхемы запуска в исходное положение для запуска. Для отключения красной сигнальной лампочки и восстановления электросхемы запуска в положение, исходное для последующего запуска двигателя, необходимо кратковременно отключить (обесточить) всю схему запуска двигателя и снова включить. (Отключить и вновь включить автомат защиты сети «Запуск АИ-9», расположенный на самолете Як-40 на панели щитка «Запуск на земле»).

4. 3. Ложный запуск двигателя

4.3.1. Ложный запуск производится при расконсервации, консервации топливной системы двигателя и в других случаях, когда необходима прокрутка ротора двигателя с подачей топлива в камеру сгорания без его зажигания. Ротор двигателя при ложном запуске раскручивается электростартером от тех же источников электроэнергии, что и при запуске двигателя.

4.3.2. Для проведения ложного запуска двигателя необходимо:

а) провести те же подготовительные операции, что и для запуска двигателя, но переключатель «Запуск — холодная прокрутка — ложный запуск» должен быть установлен в положение «Ложный запуск»;

б) дать сигнал о начале ложного запуска и кратковременно, на 2-3 секунды, нажать на кнопку «Запуск»;

в) цикл ложного запуска с момента нажатия на кнопку «Запуск» длится 20 секунд;

г) по окончании цикла ложного запуска для прекращения подачи топлива нажать и отпустить кнопку останова двигателя.

***ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ:** Во всех случаях после выполнения ложного запуска для удаления скопившегося топлива в камере сгорания двигателя необходимо произвести холодную прокрутку, как указано в настоящей главе, раздел 4.4.*

4. 4. Холодная прокрутка

4.4.1. Холодная прокрутка производится для продувки воздушного тракта двигателя и осуществляется от тех же ис-

точников электроэнергии, что и запуск двигателя. При холодной прокрутке ротор двигателя вращается от электростартера, но подачи топлива и его зажигания не производится.

4.4.2. Для выполнения холодной прокрутки двигателя необходимо:

1) произвести те же подготовительные операции, что и для запуска двигателя, но переключатель «Запуск — холодная прокрутка — ложный запуск» должен быть установлен в положение «Холодная прокрутка»;

2) дать сигнал о начале холодной прокрутки и одновременно, на 2-3 секунды, нажать на кнопку «Запуск»;

3) цикл холодной прокрутки с момента нажатия на кнопку «Запуск» длится 20 секунд без подачи топлива и без зажигания.

4. 5. Работа двигателя на режиме отбора воздуха для запуска основного двигателя

4.5.1. После запуска прогреть двигатель на режиме холостого хода в течение 1-2 минут и убедиться в нормальной его работе по параметрам, указанным в пункте 4.1.4.

4. 5. 2. Включить отбор воздуха от двигателя для запуска основного двигателя, нажать на кнопку «Запуск» основного двигателя; при этом открывается клапан воздушного стартера (СВ) основного двигателя, автоматически открывается заслонка перепускного клапана КП-9 и закрывается перепускной клапан КП-9 перепуска воздуха в атмосферу.

4. 5. 3. В процессе отбора воздуха от двигателя для запуска основного двигателя необходимо контролировать:

1) температуру газов за турбиной, которая будет увеличиваться по сравнению с температурой на режиме холостого хода, но не должна превышать 720°C;

2) обороты — сигнальная лампочка на табло «Номинальные обороты» должна гореть;

3) давление масла — сигнальная лампочка номинального давления масла на входе в двигатель должна гореть;

4) давление воздуха в магистрали отбора воздуха для запуска основного двигателя, которое может понижаться примерно на $0,2 \text{ кг/см}^2$ по сравнению с показанием давления на режиме холостого хода.

Примечание. При температуре наружного воздуха выше плюс 15°C допускается в процессе отбора воздуха кратковременное повышение температуры газов за турбиной до 750°C .

4. 5. 4. После запуска одного основного двигателя на многомоторном самолете рекомендуется последующие запуски производить от работающего основного двигателя, а пусковой двигатель после 1 — 2 минут работы на режиме холостого хода остановить.

Примечание. В случае необходимости разрешается производить пять отборов в воздушную систему основного двигателя продолжительностью по 45 секунд, при этом время непрерывной работы двигателя не должно превышать 13 минут. После этого двигатель остановить для охлаждения в течение 15 минут, не менее.

Г л а в а V

ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ДВИГАТЕЛЯ В РАЗЛИЧНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

5. 1. Влияние климатических условий на основные параметры двигателя

При работе двигателя в различных климатических условиях все параметры двигателя должны сохраняться практически неизменными, за исключением давления отбираемого воздуха. На рис. 15 показан график изменения давления воздуха в системе отбора воздуха от двигателя АИ-9 на режиме холостого хода в зависимости от изменения окружающей температуры и высоты аэродрома.

5. 2. Особенности зимней эксплуатации двигателя

5. 2. 1. Эксплуатация двигателя при отрицательных температурах окружающего воздуха до -40°C не отличается от эксплуатации при положительных температурах окружающего воздуха.

5. 2. 2. При температуре окружающего воздуха —40°С и ниже перед запуском необходимо произвести подогрев двигателя горячим воздухом с температурой на выходе из рукава аэродромного подогревателя +80-:-+90°С. На самолете Як-40 горячий воздух от подогревателя подавать в мотоотсек АИ-9 или через приоткрытый капот с закрытыми щелями и выхлопной трубой или через выхлопную трубу при закрытых капотах.

Продолжительность подогрева 30-:-40 мин.

5. 2. 3. Для подогрева двигателя необходимо применять один рукав аэродромного подогревателя типа МП-300, МП-85 или другие средства подогрева, по производительности равноценные указанным.

5. 2. 4. В течение всего времени подогрева следить за постоянством температуры подаваемого воздуха и свободным его прохождением к двигателю, не допуская при этом утечек горячего воздуха.

5. 2. 5. При отрицательных температурах наружного воздуха перед запуском двигателя убедиться в отсутствии льда на внутренних стенках входного устройства. При наличии льда во входном устройстве необходимо удалить его путем подогрева воздухом из аэродромного подогревателя.

5. 2. 6. Запуск, работа и останов двигателя ничем не отличаются от таких же операций при положительных температурах окружающего воздуха.

5. 2. 7. В зимних условиях при первой попытке запуска возможен незапуск или автоматический останов двигателя по предельным оборотам. В этих случаях запуск следует повторить, соблюдая соответственно требования, изложенные в пунктах 4. 1. 4. и 4. 2. 3.

Г л а в а VI

УХОД ЗА ДВИГАТЕЛЕМ

6. 1. Общие указания

6. 1. 1. Нормальная и безотказная работа двигателя в процессе эксплуатации в значительной степени зависит от выполнения требований, изложенных в настоящей инструкции.

6. 1. 2. Все обнаруженные неисправности двигателя необходимо устранять немедленно.

6. 1. 3. Монтажные работы должны выполняться инструментом, предназначенным для выполнения данной операции.

6. 1. 4. После выполнения работ необходимо осмотреть мотогондолу и убедиться в отсутствии посторонних предметов.

6. 2. Регламент технического обслуживания

6. 2. 1. В процессе обработки установленного ресурса двигателя выполнение каких-либо специальных регламентных работ не требуется.

6. 2. 2. На двигателе выполняются следующие виды технического обслуживания:

- послеполетное техническое обслуживание;
- предполетное техническое обслуживание.

Выполнение указанных видов технического обслуживания производится при выполнении этих видов технического обслуживания на основных двигателях.

6. 2. 3. Послеполетное и предполетное техническое обслуживание заключается в выполнении следующих работ:

а) Произвести внешний осмотр двигателя и убедиться:

— в отсутствии внешних повреждений и надежности крепления двигателя, агрегатов, установленных на двигателе, а также масляных, топливных, воздушных трубопроводов и электропроводки;

— в отсутствии течей масла;

— в отсутствии течей топлива;

— в отсутствии посторонних предметов в мотогондоле.

б) Проверить количество масла в маслобаке и при необходимости дозаправить маслобак.

Уровень масла в маслобаке должен быть между нижней и верхней рисками на мерном стекле маслобака.

Примечание. При длительной стоянке возможен уход масла из бака в двигатель до выравнивания уровней масла в баке и в двигателе.

6. 3. Технологические указания по уходу за двигателем.

6. 3. 1. Дозаправка маслобака.

Дозаправку маслобака производить в следующем порядке:

а) Снять контровку 2 и отвернуть крышку заливной горловины 1 (рис.16).

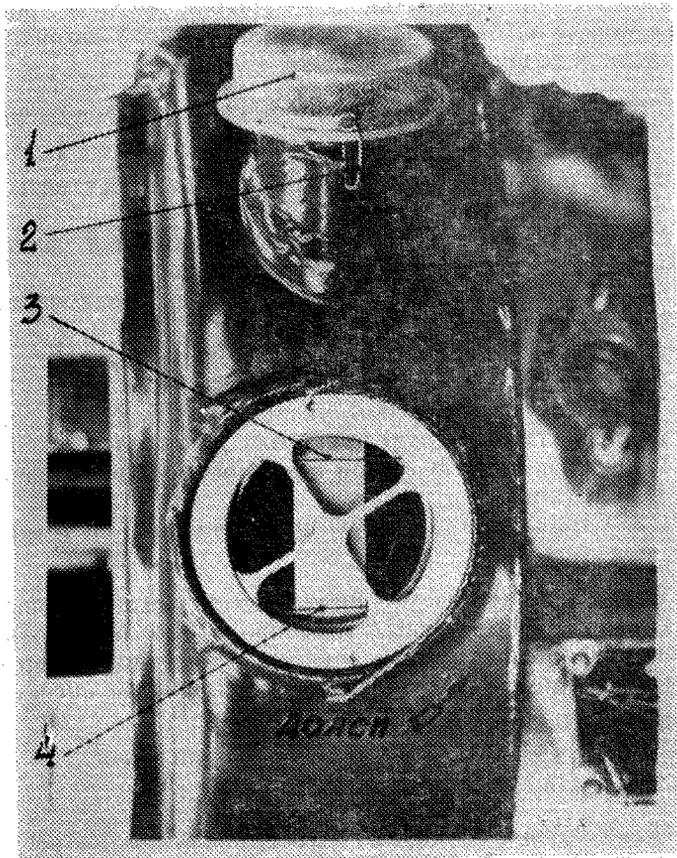


Рис. 16. Заправочная горловина и смотровое стекло маслобака: 1 — крышка заливной горловины; 2 — контровка крышки; 3 — риска на мерном стекле, соответствующая полной заправке маслобака; 4 — риска на мерном стекле, соответствующая минимально допустимому уровню масла в маслобаке.

б) Вставить заправочное приспособление в горловину маслобака и произвести заправку.

Заправка производится до уровня верхней граничной линии 3 «Полно» на мерном стекле, если уровень масла перед заправкой проверялся непосредственно после работы или после любого вида прокрутки, и до уровня нижней риски 4 мерного стекла «Долей», если после длительной стоянки уровень масла в баке находится ниже этой риски.

Полная заправка маслосистемы двигателя маслом составляет 2 :- 2,2 литра.

При заправке фильтр горловины должен оставаться на месте.

в) Поставить во внутреннюю выточку крышки заливной горловины резиновое уплотнительное кольцо.

г) Завернуть крышку заливной горловины и законтрить ее 6. 3. 2. Замена масла.

Замену масла производить в следующем порядке:

а) Слить масло из маслобака через сливной кран.

б) Заправить маслобак, как указано в п. 6. 3. 1.

в) Произвести холодную прокрутку двигателя.

г) Проверить уровень масла в маслобаке и при необходимости дозаправить.

6. 3. 3. Стравливание воздуха из топливной системы двигателя.

Стравливание воздуха производится после замены топливных агрегатов, топливных трубопроводов и после осмотра топливного фильтра тонкой очистки самолетной (вертолетной) магистрали подвода топлива к топливному насосу.

Для стравливания воздуха необходимо:

1 Включить самолетный подкачивающий насос.

2. Открыть пожарный кран двигателя.

3 Подсоединить к шариковому клапану насоса-регулятора приспособление 25.19. 02.080 (из бортсумки основного двигателя самолета) для стравливания воздуха и «пролить» систему до появления сплошной струи топлива.

4. Отсоединить приспособление и заглушить штуцер заглушкой, после чего разрешается отключить самолетный подкачивающий насос и закрыть пожарный кран.

6. 4. Учет наработки двигателя при отработке установленного ресурса.

6. 4. 1. Установленный ресурс двигателя указывается в его формуляре.

6. 4. 2. При учете наработки учитываются и записываются в формуляр двигателя:

- количество запусков,
- количество отборов воздуха.

Примечания: 1. В количество запусков двигателя засчитываются

— количество горячих запусков,

— количество неудавшихся запусков,

— количество ложных запусков и холодных прокруток.

2. В количество отборов воздуха засчитываются все отборы воздуха независимо от времени и цели производившегося отбора.

Г л а в а VII

РЕГУЛИРОВАНИЕ АГРЕГАТОВ ДВИГАТЕЛЯ .

В процессе эксплуатации двигателя разрешается подрегулировка рабочих оборотов регулировочным винтом 4 насоса-регулятора НР-9К, которая выполняется представителем завода — поставщика двигателя в следующих случаях:

а) при срабатывании сигнализатора предельных оборотов в конце запуска двигателя (при выходе на режим холостого хода) — вывернуть винт 4 на $15\text{--}30^\circ$ (за один прием);

б) при выходе двигателя на «Холостой ход» не загорается сигнальная лампочка зеленого цвета — двигатель не достигает рабочих оборотов — завернуть винт 4 на $15\text{--}30^\circ$.

Допустимый диапазон регулирования винтом 4 в пределах $\pm 90^\circ$ от исходной установки заводом — поставщиком агрегата.

Выполняемые регулировки с указанием величины угла поворота винтом 4 фиксируются в паспорте агрегата.

Выполняется регулировка следующим образом:

Расконтрить и снять пломбу с предохранительного хомутка 1 (рис. 17), снять этот хомутик. Преодолевая усилие пружины 6, нажать на барашек 2, повернув его в сторону заворачивания или отворачивания винта 4 на требуемую величину, затем отпустить его, следя за тем, чтобы шлицы барашка 2 вошли в зацепление со шлицами винта 5. После этого поставить предохранительный хомутик 1, законтрить его проволокой и опломбировать.

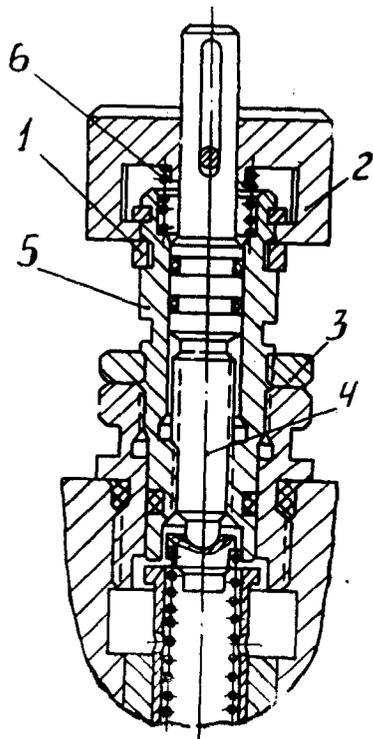


Рис. 17. Регулирование рабочих оборотов двигателя:
 1 — предохранительный хомут; 2 — барашек; 3 — контргайка регулировочного винта; 4 — регулировочный винт; 5 — регулировочный винт; 6 — пружина.

Г л а в а VIII

ЗАМЕНА АГРЕГАТОВ И УЗЛОВ ДВИГАТЕЛЯ

8. 0. Общие указания

1. При эксплуатации двигателя в случае выявления неисправностей агрегатов и узлов, не поддающихся устранению на месте, необходимо их заменить.

П Е Р Е Ч Е Н Ь

АГРЕГАТОВ И УЗЛОВ, ЗАМЕНА КОТОРЫХ РАЗРЕШАЕТСЯ В ЭКСПЛУАТАЦИИ

№ № п-п	Наименование агрегатов или узлов	Колич. на одном двигате- ле
1.	Воспламенитель	1
2.	Топливная форсунка	8
3.	Электромагнитный клапан пускового топлива	1
4.	Пусковой насос (НП-9)	1
5.	Насос-регулятор (НР-9К)	1
6.	Маслонасос	1
7.	Пусковой электростартер (СТ-ЗПТ)	1
8.	Катушка зажигания (КР-12СИ)	1
9.	Клапан перепуска воздуха из-за компрессора	1
10.	Свеча СД-55АНМ	1
11.	Датчик давления масла МСТВ-1,2А	1
12.	Трубопроводы, болты, прокладки, гайки, контровки и другие мелкие детали	
13.	Замена масляного бака	1

При замене агрегатов соблюдать следующие условия:

1. Все отверстия и фланцы, открываемые при демонтаже агрегатов (узлов), должны немедленно закрываться заглушками или крышками.

2. Снятые с двигателя агрегаты законсервировать согласно указаниям в паспорте на агрегат. Вновь устанавливаемые агрегаты перед установкой на двигатель проверить по паспорту и расконсервировать.

3. При монтаже новых агрегатов (узлов) на двигатель необходимо ставить новые замки, шайбы и прокладки, предусмотренные спецификацией завода-поставщика и прикладываемые к каждому двигателю.

4. Новые прокладки смазывать уплотняющей смазкой. Для смазывания паронитовых прокладок применяется резинографитовая смазка следующего состава:

— графит серебристый по гост 5279-61 или скрытно-кристаллический (аморфный) по гост 5420-50 в количестве 1,5:-2,0%;

— клей резиновый торговый по гост 2199-43.

Состав смазки тщательно перемешивается (комочков графита в смазке не допускается). Смазка наносится на сухую прокладку за 10—15 минут до ее постановки.

5. Гайки крепления агрегатов необходимо затягивать равномерно, причем постепенно подтягивать гайки диаметрально противоположные друг другу.

6. После замены топливных агрегатов и трубопроводов необходимо сделать ложный запуск, а после замены масляных трубопроводов для проверки на герметичность соединений произвести холодную прокрутку; если течей нет, то запустить двигатель и проверить работу замененных агрегатов.

7. О выполненных работах сделать соответствующие записи в паспортах агрегатов и формуляре двигателя.

8. 1. Замена воспламенителя

Воспламенитель установлен на корпусе камеры сгорания в задней части (рис. 19).

Для замены воспламенителя необходимо:

1. Отсоединить трубку подвода топлива от штуцера пусковой форсунки.

2. Отсоединить от запальной свечи провод высокого напряжения.

3. Отвернуть четыре болта крепления воспламенителя и снять воспламенитель.

4. Заменить прокладку под фланцем воспламенителя (в случае ее повреждения).

5. Установить воспламенитель в порядке, обратном снятию, и проверить его работу при запуске двигателя. После останова убедиться в отсутствии течей топлива.

8. 2. Замена топливной форсунки

В камере сгорания устанавливаются 8 форсунок. Крепятся форсунки своим фланцем к корпусу камеры сгорания (рис. 18).

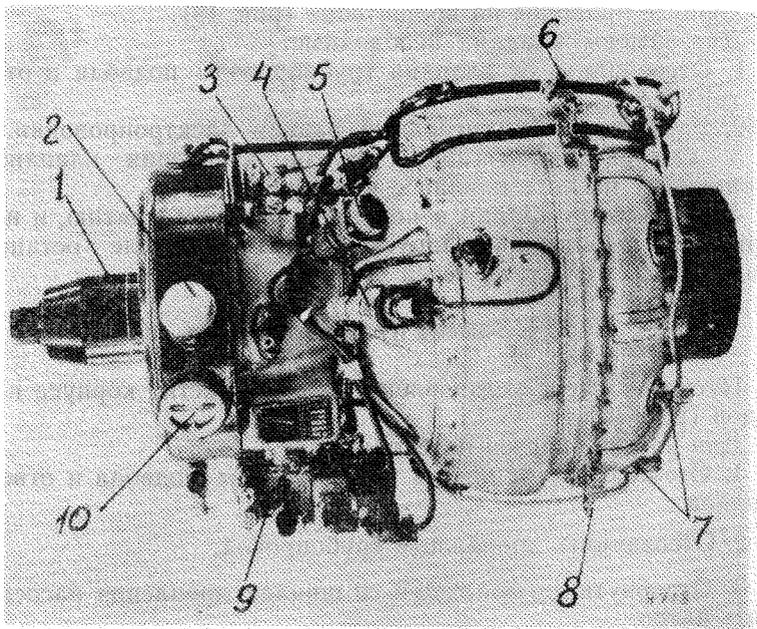


Рис. 18. Расположение агрегатов на двигателе (вид слева):
1 — электростартер; 2 — заливная горловина маслобака; 3 — пусковой насос; 4 — датчик давления масла; 5 — главный штепсельный разъем; 6 — задняя такелажная серьга; 7 — топливные форсунки; 8 — задний (левый) кронштейн крепления двигателя на самолете; 9 — насос-регулятор НР-9К; 10 — смотровое окно маслобака.

Для замены форсунки необходимо:

1. Отсоединить от форсунки коллектор подвода топлива.
2. Отвернуть два болта крепления форсунки и снять форсунку.
3. Заменить прокладку под фланец форсунки и пружинные шайбы.
4. Установить форсунку в порядке, обратном снятию.
5. Проверить работу двигателя при запуске и на режиме холостого хода. После останова убедиться в отсутствии течей топлива.

8. 3. Замена электромагнитного клапана пускового топлива

Электромагнитный клапан пускового топлива установлен на корпусе приводов на кронштейне (рис. 19).

Для замены клапана необходимо:

1. Отсоединить от клапана трубопроводы подвода и отвода топлива.
2. Разъединить штепсельный разъем электропроводки.
3. Отвернуть три гайки с болтов крепления клапана к кронштейну и снять клапан с кронштейна.
4. Установить клапан в порядке, обратном снятию, и проверить его работу при запуске двигателя. После останова убедиться в отсутствии течей топлива.

8. 4. Замена пускового насоса

Пусковой насос установлен в верхней части корпуса приводов (рис. 18).

Для замены насоса необходимо:

1. Отсоединить от насоса трубопроводы подвода и отвода топлива.
2. Отсоединить дренажный трубопровод.
3. Отвернуть четыре гайки со шпилек крепления насоса и снять насос.
4. Поставить под фланец насоса новую прокладку, смазать ее резинографитовой смазкой.
5. Установить насос в порядке, обратном снятию, и проверить его работу при запуске двигателя. После останова убедиться в отсутствии течей топлива.

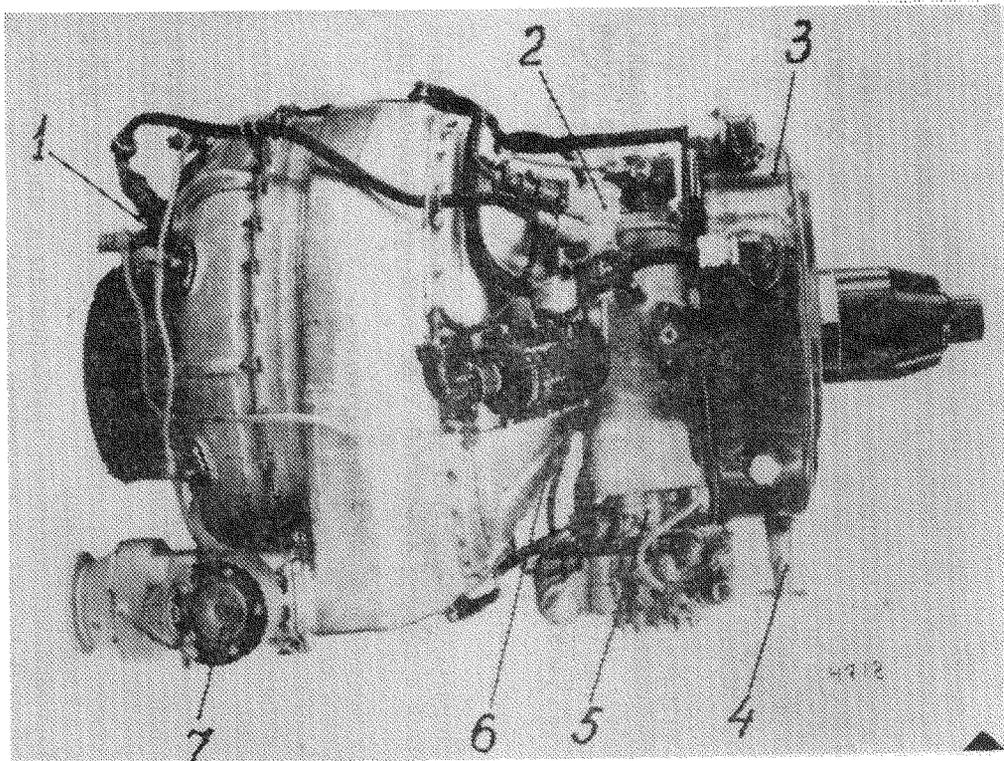


Рис. 19. Расположение агрегатов на двигателе (вид справа):
1 — воспламенитель; 2 — электромагнитный клапан пускового топлива;
3 — маслобак; 4 — кран слива масла из маслобака и двигателя; 5 — мас-
лонасос; 6 — катушка зажигания; 7 — клапан перепуска воздуха.

8. 5. Замена насоса-регулятора

Насос-регулятор установлен в нижней части корпуса приводов и крепится к корпусу совместно с маслонасосом (рис. 18).

Для замены насоса-регулятора необходимо:

1. Отсоединить от насоса-регулятора топливные трубопроводы.
2. Разъединить штепсельные разъемы электропроводки.
3. Отвернуть гайки со шпилек крепления насоса-регулятора и снять насос.
4. Установить новую прокладку под фланец насоса-регулятора, смазав ее резинографитовой смазкой.
5. Установить насос-регулятор в порядке, обратном снятию.
6. Стравить воздух из топливной системы.
7. Проверить работу двигателя при запуске и на режимной работе. После останова убедиться в отсутствии течей топлива и при необходимости произвести подрегулировку агрегата, как указано в главе VII.

8. 6. Замена маслонасоса

Маслонасос установлен в нижней части корпуса приводов и крепится к корпусу совместно с насосом-регулятором (рис. 19).

Для замены маслонасоса необходимо:

1. Слить масло из двигателя через краник маслобака.
2. Отсоединить от насоса масляные трубопроводы.
3. Снять насос-регулятор, как указано в разделе 8.5 настоящей главы.
4. Снять масляный насос.
5. Установить новые прокладки, смазав их резинографитовой смазкой, на два фланца устанавливаемого масляного насоса и поставить его на шпильки.
6. Установить насос-регулятор и подсоединить все трубопроводы и электропроводку.
7. Подсоединить масляные трубопроводы к маслонасосу.
8. Стравить воздух из топливной системы.
9. Проверить работу маслонасоса на режимной работе. После останова убедиться в отсутствии течей топлива и масла.

8. 7. Замена пускового электростартера

Электростартер установлен на переднем фланце корпуса приводов (рис. 18).

Для замены электростартера необходимо:

1. Отсоединить штепсельный разъем электропроводки.
2. Отвернуть шесть гаек со шпилек крепления электростартера и снять электростартер.

3. Установить стартер на двигатель в порядке, обратном снятию, и проверить его работу при запуске двигателя.

8. 8. Замена катушки зажигания

Катушка зажигания установлена на корпусе компрессора на двух кронштейнах (рис. 19).

Для замены катушки зажигания необходимо:

1. Разъединить штепсельные разъемы подводящей и отводящей электропроводки.

2. Отвернуть гайки с болтов крепления катушки к кронштейну и снять катушку.

3. Установить катушку зажигания в порядке, обратном снятию, и проверить ее работу при запуске двигателя.

8. 9. Замена клапана перепуска воздуха из-за компрессора

Клапан перепуска воздуха установлен на фланце ресивера, приваренного к корпусу компрессора (рис. 19).

Для замены клапана необходимо:

1. Отсоединить от клапана патрубок отвода воздуха в систему воздушного запуска.

2. Отвернуть гайки со шпилек крепления клапана к ресиверу и снять клапан.

3. Установить клапан в порядке, обратном снятию, и проверить его работу при запуске двигателя и на режимной работе без отбора воздуха в систему воздушного запуска и с отбором воздуха в систему воздушного запуска.

8. 10. Замена запальной свечи

Для замены запальной свечи необходимо:

1. Отсоединить от запальной свечи провод высокого напряжения.

2. Снять контровочную проволоку.
3. Вывернуть свечу из корпуса запальника.
4. Установить новую свечу в порядке, обратном снятию.

8. 11. Замена датчика (сигнализатора) давления масла

Датчик давления масла установлен на кронштейне с левой стороны двигателя (рис.18).

Для замены датчика давления необходимо:

1. Отсоединить от датчика давления штепсельный разъем.
2. Снять контровку и отсоединить от датчика давления трубку подвода давления масла.
3. Снять датчик давления с кронштейна.
4. Установить датчик давления масла в порядке, обратном снятию.

8. 12. Замена трубопроводов

Для замены трубопроводов необходимо:

1. Перед снятием трубопроводов демонтировать хомуты и планки крепления трубопроводов.
2. После отсоединения трубопроводов от штуцеров на штуцера и трубопроводы ставить заглушки.
3. Перед постановкой на двигатель трубопроводов необходимо промыть их в чистом керосине или бензине и продуть сжатым воздухом.
4. При монтаже трубки должны садиться на штуцер без напряжений, гайки трубок должны наворачиваться на штуцер свободно, от руки.
5. Если при постановке трубопроводов не выполняется условие предыдущего пункта, допускается подгиб трубопроводов. После подгибки тщательно проверить, нет ли трещин в местах подгибки.

Максимально допустимые величины подгибки трубопроводов в мм в зависимости от длины плеча L.

Номинальный диаметр трубопровода в мм	Допустимая подгибка трубопроводов в мм	
	масляных и топливн.	воздушных
6 × 4	15 при L ≥ 120	15 при L ≥ 120
8 × 6, 10 × 8	15 при L ≥ 150	15 при L ≥ 150
10 × 12	15 при L ≥ 200	15 при L ≥ 200

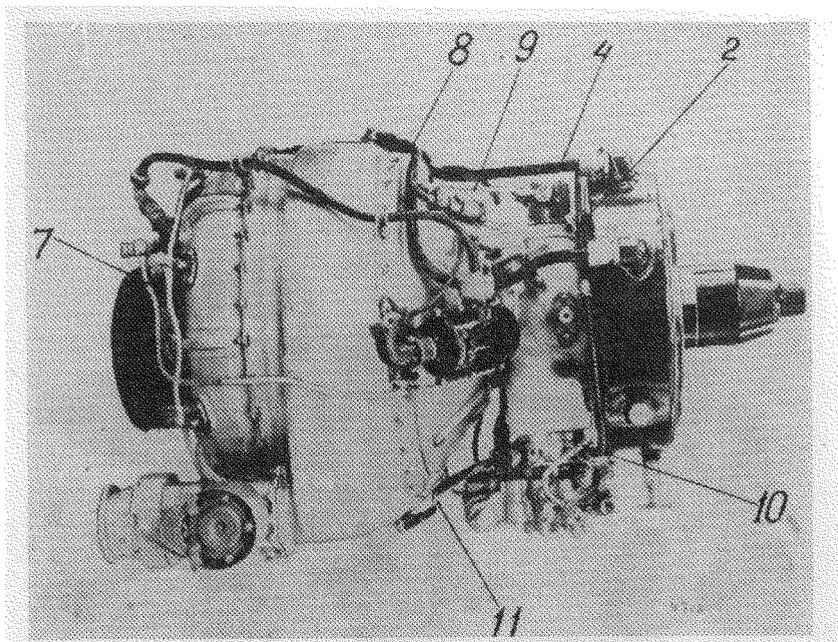


Рис. 21. Расположение трубопроводов на двигателе (вид справа):
 7 — трубопровод 6x1 подвода топлива от электромагнитного клапана к пусковой форсунке (9.08.03.090); 8 — трубопровод 12x1 суфлирования маслобака и масляной полости подшипников (9.08.02.140); 9 — трубопровод 6x1 подвода топлива от НП-9 к электромагнитному клапану пускового топлива (9.08.03.160); 10 — трубопровод 6x1 отвода топлива от НР-9 к НП-9 (9.08.03.150); 11 — трубопровод 10x1 откачки масла от подшипников ротора (9.08.01.140).

6. Запрещается подгибка трубок у ниппелей и штуцеров на расстоянии менее, чем 25 мм от конца ниппеля или места пайки штуцера.

Запрещается также подгибка трубок в окончательно закрепленном положении.

7. Не допускается подгибка топливного коллектора.

8. Зазор между трубопроводами и окружающими деталями должен быть не менее 3 мм.

9. Запрещается ставить трубопроводы и зажимы при отсутствии металлизации.

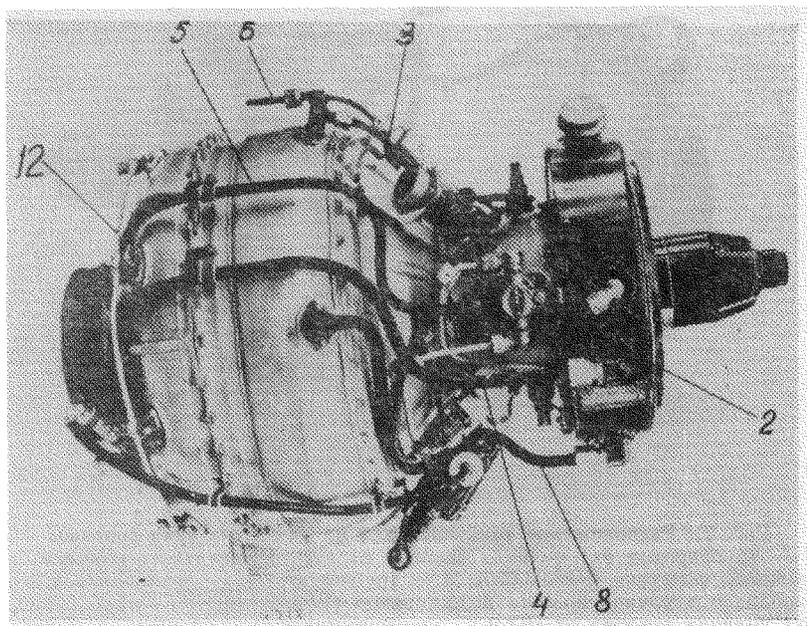


Рис. 22. Расположение трубопроводов на двигателе (вид сверху):
12 — коллектор топливный (9.03.06.010).

8. 13. Замена масляного бака

В процессе эксплуатации допускается замена масляного бака двигателя.

Выполнение работ по замене маслобака производится представителем организации — изготовителя двигателя и выполняется по специальной технологии.

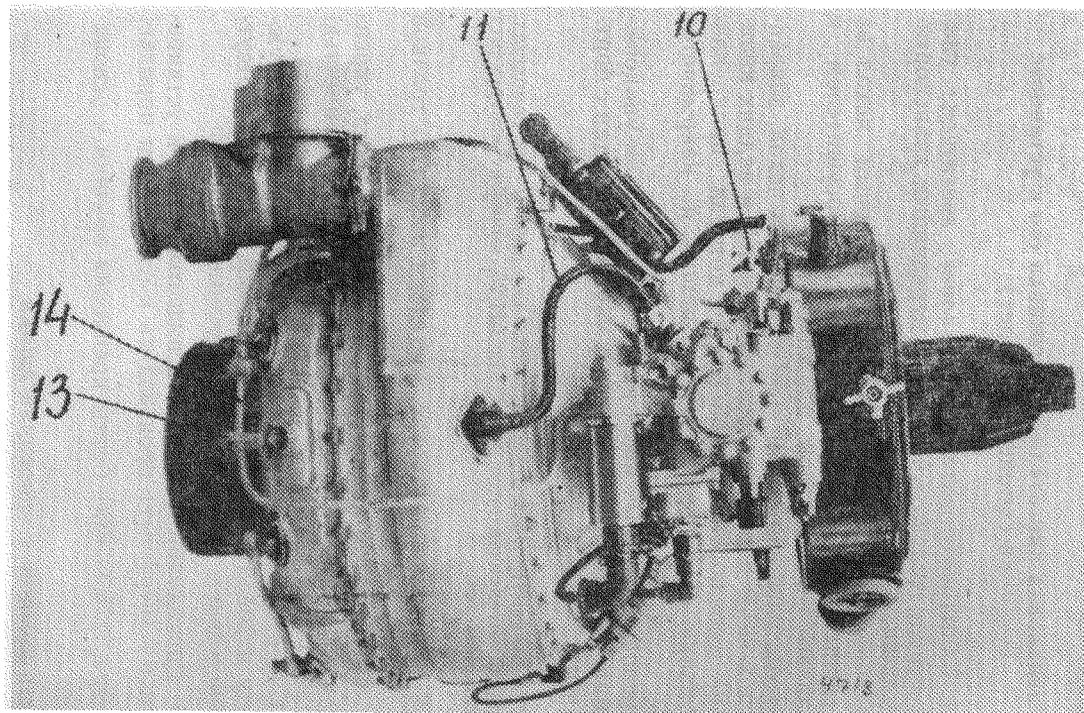


Рис. 23. Расположение трубопроводов на двигателе (вид снизу):
13 — трубопровод 6x1 отвода лишнего топлива из камеры сгорания в реактивное сопло (9.08.03.010); 14 — трубопровод 6x1 подвода топлива от ИР-9 к топливному коллектору (9.08.03.070).

Г л а в а IX

УСТАНОВКА И СНЯТИЕ ДВИГАТЕЛЯ

9. 1. Распаковка двигателя и подготовка его к установке на самолет (вертолет)

9. 1. 1. Завод-изготовитель поставляет двигатели, упакованные в полиэтиленовый чехол и деревянный транспортировочный ящик.

Перед упаковкой двигателя в полиэтиленовый чехол на нем развешиваются мешочки с силикагелем-осушителем и устанавливаются индикаторы влажности.

Двигатель, упакованный в полиэтиленовый чехол, закрепляется с помощью передних монтажных цапф и задних кронштейнов на транспортировочной стойке, которая прикреплена к основанию транспортировочного ящика, и накрывается крышкой.

В транспортировочный ящик вместе с двигателем упаковывается одиночный комплект запасных частей и чемодан с борнструментом.

Примечание. При отправке двигателя для работы на самолетах, на которых устанавливаются двигатели АП-25, комплект инструмента не прикладывается.

9. 1. 2. При транспортировке двигателя избегать толчков и ударов.

Ящик с двигателем поднимать при помощи троса, укрепленного за четыре скобы ящика, краном грузоподъемностью не менее 300 кг.

9. 1. 3. Перед распаковкой двигателя произвести наружный осмотр и убедиться в наличии пломб, а также в отсутствии повреждений на транспортировочном ящике.

9. 1. 4. Распаковку двигателя и подготовку его к установке на самолет (вертолет) производить в следующем порядке:

1. Отвернуть и вынуть болты крепления крышки к основанию ящика.

2. Снять крышку с основания ящика.

3. Убедиться, что цвет силикагеля в индикаторах влажности соответствует состоянию «Нормально».

Неисправность	Причина неисправности	Способ устранения неисправности
	<p>2. Нет подачи топлива к пусковой форсунке.</p>	<p>2а. Осмотреть и промыть самолетный топливный фильтр и входной фильтр насоса-регулятора.</p> <p>2б. Проверить работу электромагнитного клапана пускового топлива.</p> <p>Для проверки необходимо:</p> <ul style="list-style-type: none"> — отсоединить штепсельный разъем от электромагнитного клапана останова двигателя; — отсоединить от клапана пускового топлива трубопровод отвода топлива на пусковую форсунку; — произвести ложный запуск двигателя. На пятой секунде должна появиться течь топлива из штуцера отвода на пусковую форсунку. <p>При отсутствии течи топлива проверить подачу электропитания к клапану пускового топлива в соответствии с циклограммой запуска.</p> <p>При отсутствии напряжения — устранить неисправность электропроводки. При нормальной подаче напряжения заменить клапан пускового топлива.</p>
<p>11. 3. Заброс температуры газов за турбиной в процессе запуска.</p>	<p>1. Недостаточная раскрутка ротора двигателя электростартером.</p> <p>2. Скопление топлива в камере сгорания перед запуском.</p>	<p>1а. Проверить напряжение источника запуска, которое должно быть:</p> <ul style="list-style-type: none"> — перед запуском 24±30 вольт, — в процессе запуска не менее 18 вольт. <p>1б. Заменить электростартер.</p> <p>2. Прекратить запуск и произвести холодную прокрутку двигателя, как указано в разделе 4. 4, глава IV.</p>

Неисправность	Причина неисправности	Способ устранения неисправности
	<p>3. Наличие отборов или утечек воздуха (включен отбор воздуха в систему противообледенения, зависание в открытом положении заслонки или обратных клапанов самолетной системы противообледенения).</p> <p>4. Велик расход топлива в процессе выхода двигателя на х/ход.</p>	<p>3. Проверить запуск двигателя с заглушкой на фланце отбора воздуха в самолетную систему. При удовлетворительном запуске — устранить неисправность в системе противообледенения.</p> <p>4. Заменить топливный жиклер НР-9 на жиклер меньшего диаметра.</p>
<p>11. 4. Помпаж двигателя при выходе на «Холостой ход».</p>	<p>1. Нет или неполный перепуск воздуха через перепускной клапан КП-9 в атмосферу.</p> <p>2. Засорение фильтра командного канала насоса-регулятора</p>	<p>1а. Убедиться в отсутствии отборов и утечек воздуха из системы запуска, как указано в неисправности 11.3, пункт 3.</p> <p>1б. Заменить перепускной клапан КП-9.</p> <p>2. Снять и промыть фильтр командного канала насоса-регулятора или заменить топливный регулятор.</p>
<p>11. 5. В ы к л ю ч е н и е двигателя по предельным оборотам.</p>	<p>1. Наличие воздуха в топливной системе.</p> <p>2. Изменение настройки регулятора оборотов насоса-регулятора.</p>	<p>1. Произвести стравливание воздуха из топливной системы, как указано в подразделе 6.3.3, глава VI.</p> <p>2. Произвести подрегулировку оборотов двигателя регулировочным винтом № 4 насоса-регулятора, как указано в главе VII.</p>
<p>11. 6. П р е в ы ш е н и е температуры газов за турбиной выше допустимой.</p>	<p>1. Наличие отборов или утечек воздуха из воздушной системы запуска.</p> <p>2. Отказ в работе перепускного клапана КП-9.</p>	<p>1. Убедиться в отсутствии отборов и утечек воздуха из системы запуска, как указано в неисправности 11.3, пункт 3.</p> <p>2. Заменить перепускной клапан КП-9.</p> <p>3. Снять двигатель.</p>

Неисправность	Причина неисправности	Способ устранения неисправности
<p>11. 7. При работе двигателя на «холостом ходу» (в режиме перепуска) давление воздуха по контрольному манометру ниже, чем указано в графике (рис. 15) для данных атмосферных условий.</p>	<p>1. Большие погрешности манометра. 2. Наличие отборов или утечек воздуха из воздушной системы запуска.</p>	<p>1. Проверить показания манометра. 2. Убедиться в наличии утечек воздуха постановкой заглушки на клапан КП-9 вместо самолетной магистрали и проверкой давления воздуха на работающем двигателе.</p>
<p>11. 8. При запуске основного двигателя от АИ-9 понижается давление воздуха в магистрали отбора воздуха на величину больше допустимой.</p>	<p>Через КП-9 происходит сброс воздуха в атмосферу.</p>	<p>Убедиться, что в режиме отбора воздуха на запуск основного двигателя перепускается воздух и через клапан КП-9 в атмосферу. Для этого при отборе воздуха на запуск основного двигателя поднести к выходному патрубку клапана КП-9 флажок из легкой ткани. При наличии перепуска воздуха — флажок должен колебаться, при герметичности клапана — флажок провисает. При наличии перепуска в атмосферу клапан КП-9 заменить.</p>
<p>11. 9. Уход масла из маслобака выше допустимой величины. Дымление из выхлопного сопла.</p>	<p>Перетекание масла через уплотнительные кольца трубопровода откачки масла из полостей подшипников ротора.</p>	<p>Заменить уплотнительные кольца новыми.</p>
<p>11. 10. Течь масла из дренажа насоса-регулятора.</p>	<p>Перетекание масла через сальник насоса-регулятора.</p>	<p>Заменить насос-регулятор.</p>

СПИСОК**ЗАПАСНЫХ ЧАСТЕЙ ОДИНОЧНОГО КОМПЛЕКТА,
ПОСТАВЛЯЕМЫХ С КАЖДЫМ ДВИГАТЕЛЕМ**

№ деталей	Наименование деталей	К-во	Примечание
1	2	3	4
0-0-0097	Винт: а) для крепления воспламенителя; б) для крепления форсунок	4	
0-0-0233	Болт для крепления корпуса камеры сгорания к наружному кожуху	3	
0-0-0231	Болт для крепления серег подвески	2	
0-1-0114	Гайка самоконтрящаяся для крепления сопла	2	
3404А-0,8-5-10-Кд	Шайба (0,8—5,5—10): а) под винт крепления воспламенителя; б) под гайку крепления маслобака; в) под гайку крепления пускового насоса; г) под гайку крепления катушки КР-12СИ.	4	
0-4-0262	Шайба контрольная двойная под болты крепления серег подвески	1	
0-4-0310	Шайба под винты крепления форсунок	4	
3ЗМ51-14-10,2-1	Кольцо уплотнительное на дренажный штуцер камеры сгорания	2	
0-5-0291	Манжета армированная 12х26х7	1	
0-5-0279	Манжета армированная 16,5х30х7 для уплотнения ведущей шестерни пускового насоса	1	
0-5-0280	Кольцо уплотнительное под крышку заливной горловины маслобака	2	
0-9-0081	Пружина манжеты	1	
0-9-0093	Пружина манжеты	1	

1	2	3	4
2267A-178-2	Кольцо уплотнительное резиновое под штуцер замера температуры масла в маслобаке	1	
2267A-295-2	Кольцо уплотнительное резиновое	1	
3373A-5-Кд	Гайка самоконтрящаяся : а) для крепления переднего корпуса к наружному кожуху ; б) для крепления хомутов; в) для крепления компрессора, маслобака, пускового насоса; г) для крепления корпуса камеры сгорания к корпусу компрессора	5	
3374A-6-Кд	Гайка самоконтрящаяся: а) для крепления стартера; б) для крепления клапана пере-пускового к корпусу; в) для крепления насоса-регуля-тора	3	
3402A-1-6-10-К	Шайба: а) под гайки крепления стартера; б) под гайки крепления насоса-регулятора	6	
9.03.04.007	Прокладка под форсунки	2	
9.03.05.007	Прокладка под воспламенитель	2	
9.06.00.025	Прокладка под крышку переднего подшипника центрального привода	1	
9.07.01.012	Прокладка под насос-регулятор	1	
9.07.01.013	Прокладка под маслонасос	1	
9.06.00.049	Прокладка под пусковой насос	1	
	Свеча СД-55АНМ	1	
	Катушка зажигания КР-12СН.		
	Одиночный комплект запчастей по списку завода-поставщика	1	компл.
	Стартер СТ-ЗПТ.		
	Одиночный комплект запчастей по списку завода-поставщика	1	компл.

П Е Р Е Ч Е Н Ь**БОРТОВОГО ИНСТРУМЕНТА С ПРИМЕНЕНИЕМ ЕГО
НА ДВИГАТЕЛЕ**

№ инструмента	Наименование инструмента	Количество	Применение на двигателе
1	2	3	4
08-69-107	Плоскогубцы комбинированные	1	для общего назначения
25.19.01.039	Чеканка	1	для расконтровки пластинчатых замков
18-69-33	Пинцет	1	для золотников и пружин агрегатов
18-69-34	Нож	1	для общего назначения
18-69-35	Бородок	1	для общего назначения
18-69-37	Кисть	1	для расконсервации агрегатов и промывки фильтров
119-965	Молоток	1	для ударных операций
20-569-048	Ключ открытый S=14x17	1	для пробки перепускного клапана маслососа. Для накидных гаек трубопроводов топливной и масляной систем
20-569-049	Ключ открытый S=19x22	1	для удержания штуцера клапана пускового топлива; для накидных гаек крепления трубопроводов маслоситания; для удержания штуцера насоса-регулятора ИР-9; для крепления свечи запальника; для удержания штуцеров маслососа; для заглушки термомары маслобака
20-569-054*	Ключ открытый S=7x10	1	для гаек крепления наружного кожуха компрессора; для гаек крепления корпуса камеры сгорания; для гаек крепления выхлопного сопла;

* При эксплуатации двигателя АИ-9 с двигателем АИ-25 пользоваться ключами 25.19.01.037 и 25.19.01.034.

1	2	3	4
			для гаек крепления стартер-генератора СТ-ЗПТ; для гаек крепления топливного агрегата и маслонасоса; для гаек крепления клапана подачи воздуха; для болтов крепления заглушки термонар
20-569-057	Выколотка	1	для ударных операций
25.19.01.034	Ключ открытый S=8x10	1	для гаек крепления маслобака; для гаек крепления корпуса приводов; для гаек крепления катушки зажигания; для гаек крепления фланцев трубопроводов суфлирования; для болтов крепления фланцев форсунок; для болтов крепления запальника; для гаек крепления стартер-генератора СТ-ЗПТ; для гаек крепления топливного агрегата и маслонасоса к двигателю; для гаек крепления клапана подачи воздуха; для болтов крепления заглушки термонар
25.19.01.035	Ключ открытый S=12x14	1	для накидных гаек крепления топливного коллектора к форсунок
25.19.01.060	Отвертка S= 5	1	для общего назначения
25.19.01.070	Отвертка специальная	1	для винтов штифтовых разъемов
25.19.02.080	Приспособление для страивания воздуха топливной системы агрегата 762	1	для страивания воздуха на агрегате ИР-9.
9.19.03.000	Бортчемодан	1	

Примечания: 1. При отправки двигателя АИ-9 для работы с двигателем АИ-25 бортчемодан не прикладывается.

2. В эксплуатации использовать инструменты двигателя АИ-25 согласно данному перечню.

ВРЕМЕННАЯ ИНСТРУКЦИЯ

по хранению двигателя, законсервированного с применением чехла из полиэтиленовой пленки и силикагеля-осушителя

1. ПОРЯДОК КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ ЗАКОНСЕРВИРОВАННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Порядок контроля состояния двигателей является обязательным при хранении на складах заводов и эксплуатирующих организаций.

Примечание. Срок хранения двигателя указан в формуляре двигателя (в разделе «Сведения о консервации и расконсервации двигателя»).

Законсервированные двигатели, упакованные в полиэтиленовую пленку, должны храниться в отапливаемых помещениях или на специально оборудованных площадках. Площадки должны быть оборудованы на сухих, не затопляемых водой участках, иметь дренажные устройства и навес для защиты от прямого воздействия солнечных лучей и атмосферных осадков. Ящики устанавливаются так, чтобы был свободный доступ для осмотра силикагеля-индикатора. При хранении на площадках под навесом ящики устанавливаются на специальные подставки высотой не менее 30 см для обеспечения вентиляции нижней части ящика.

Осматривать двигатель следует один раз в 2 месяца в течение всего срока хранения. При осмотре необходимо проверить состояние упаковочного ящика, чехла и цвета силикагеля в индикаторах влажности. Синий и сине-фиолетовый цвет силикагеля-индикатора (по карте цветности влажность менее 50%) с наличием некоторого количества отличных от общего цвета зерен (не меняющего общего тона окраски) показывает, что влажность воздуха внутри чехла позволяет дальнейшее хранение двигателя.

При розовом и фиолетово-розовом цвете силикагеля-индикатора (по карте цветности влажность более 50%) необходимо сменить силикагель в осушителях и в индикаторах влажности.

При каждом осмотре записать в формуляр двигателя (раздел «Контроль состояния двигателя») дату осмотра, состояние чехла, цвет силикагеля в индикаторах влажности, а также все проводимые по двигателю работы (замену силикагеля, ремонт пленки, чехла и т. п.). Записи в формуляре должны быть скреплены подписью лица, проверявшего состояние двигателя.

2. ЗАМЕНА СИЛИКАГЕЛЯ-ОСУШИТЕЛЯ И ИНДИКАТОРА ВЛАЖНОСТИ НА ДВИГАТЕЛЕ

Замену силикагеля-индикатора и осушителя производить в отапливаемом помещении при относительной влажности окружающего воздуха не выше 70% и температуре не ниже +10°C.

Замену силикагеля выполнять в следующем порядке:

1. Отрезать ножницами боковой шов чехла (непосредственно у шва).
2. Осторожно закатать вниз чехол из пленки.
3. Заменить все мешочки с отработанным силикагелем мешочками с силикагелем, имеющим влажность не более 2%.
4. Заменить индикаторы влажности.
5. Обернуть парафинированной бумагой те места, с которых бумага была снята при замене силикагеля.
6. Закрывать двигатель полиэтиленовым чехлом и произвести сварку шва с откачкой воздуха до прилегания пленки к двигателю.

Все операции при замене силикагеля должны следовать одна за другой без перерыва и выполняться в возможно более короткий срок во избежание увлажнения силикагеля влагой окружающего воздуха и снижения его активности. Время от начала распаковки чехла двигателя и до окончания сварки последнего шва не должно превышать 60 минут.

Мешочки с силикагелем должны доставляться к месту замены в герметичной упаковке.

Количество и расположение мешочков с силикагелем указывается в закрепленных на двигателе табличках.

3. ВОССТАНОВЛЕНИЕ СИЛИКАГЕЛЯ, ПОТЕРЯВШЕГО СВОЙСТВА ОСУШИТЕЛЯ И ИНДИКАТОРА

Силикагель, имеющий влажность более 2% (новый или ранее использованный), подлежит восстановлению следующим образом:

1. Насыпать силикагель тонким слоем (толщиной не более 30 мм) в алюминиевые или железные противни и поместить противни в сушильный шкаф.

2. Силикагель-осушитель сушить при температуре 150—170°C в течение трех — четырех часов при периодическом перемешивании.

Примечания: 1. Сушка в течение 4 часов обеспечивает уменьшение влажности силикагеля до требуемой (не выше 2%).

2. Замасленный силикагель не восстанавливается и в дальнейшем использован быть не может.

3. Силикагель-индикатор сушится при температуре $120 \pm 3^\circ\text{C}$ в течение полутора—двух часов при периодическом перемешивании.

Высушенный силикагель до использования его на двигателе хранить в герметичной упаковке.

4. СВАРКА ШВОВ ЧЕХЛА

Сварка швов чехла из полиэтиленовой пленки осуществляется при помощи настольного приспособления для сварки. Все работы по сварке должны производиться в чистом отапливаемом помещении при температуре не ниже $+10^\circ\text{C}$.

Сварка чехла производится на рабочем столе, имеющем деревянную рейку шириной 1 — 2 см, покрытую несколькими слоями бумаги типа подпергамент. Допускается также применение хорошо отполированной рейки без бумаги.

Сварку чехла из полиэтиленовой пленки производить в следующем порядке:

1. Два полотнища из полиэтиленовой пленки, сложенные вместе, укладывают на рабочий стол вдоль рейки. Расстояние от кромки полотнищ до рейки должно быть 15—20 мм.

2. Для предотвращения образования морщин и складок при сварке чехлов пленку необходимо плотно прижать к плоскостям рейки.

3. На сложенные кромки полотнищ вдоль линии сварки накладывается бумажная лента шириной 5—6 см. Бумажная лента может быть типа пергамента, кальки или конденсаторная.

4. Приспособление для сварки (электроутюг) следует равномерно передвигать по свариваемому шву механически или вручную со скоростью 45 — 30 м/час при температуре приспособления 130 — 180°C.

5. По окончании сварки шва осторожно оторвать бумажную ленту, не приваренную к шву, снять полотнища с рабочего участка стола и проверить качество шва. Сваренный шов должен быть шириной 1—2 см без прогаров в местах сварки по шву и на пленке у шва, не должен расходиться при легком растягивании пленки руками в перпендикулярном направлении шву.

6. Кромки всех продольных швов в местах пересечений их поперечным швом срезать на ус (расстояние от торца до начала уса 35 мм, а от торца до конца уса 80 мм).

7. Сварить поперечный шов на рабочем столе, как описано выше.

Примечание. Появление сборок на пленке при поперечном шве допускается, если нет растрескивания пленки.

8. В местах стыка поперечных и продольных швов (в месте среза на ус) наклеить полоски из липкой полиэтиленовой ленты размером 50 x 100 мм.

9. Сварка последнего шва производится приспособлением, как описано выше, на доске, установленной на специальных деревянных или металлических стойках, по высоте соответствующих кромке последнего шва. При этом оставить отверстие для откачки воздуха.

10. Откачать воздух из чехла при помощи насоса или вакуумустановки до легкого прилегания чехла к двигателю.

Заварить отверстие в чехле.

11. Через 15 минут после откачки воздуха убедиться в прилегании чехла к двигателю, что свидетельствует о герметичности шва.

5. НАЛОЖЕНИЕ ЗАПЛАТ НА ЧЕХЛЕ

При наличии на чехле разрывов, прожогов поврежденные места заклеиваются путем наложения липкой полиэтиленовой ленты. Заплата должна перекрывать места повреждения на 15 --- 20 мм во все стороны.

При обнаружении неспрочваренных мест поshaw произвести дополнительную сварку.

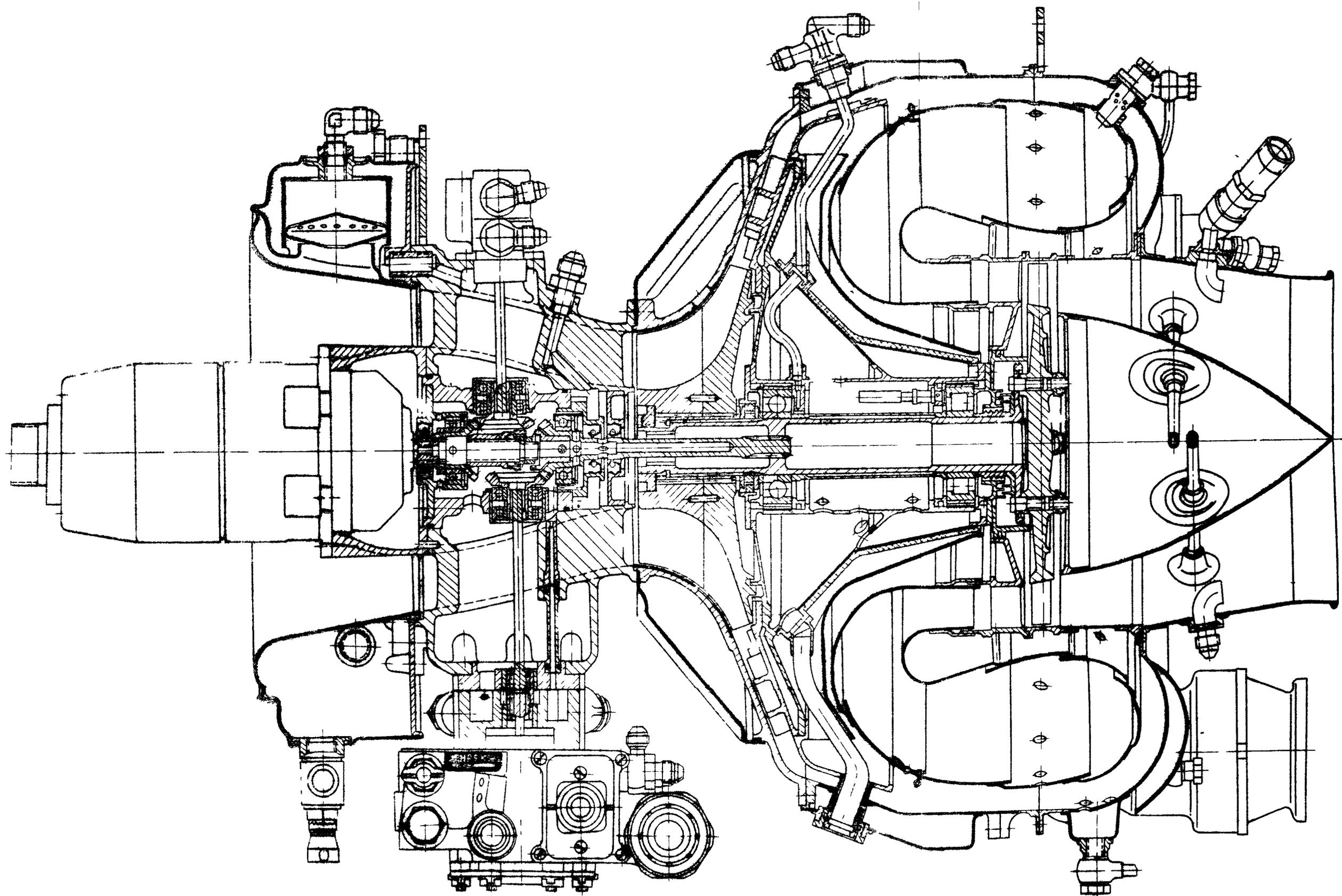


Рис. 25. Продольный разрез двигателя.

О Г Л А В Л Е Н И Е

	Стр.
Глава I. Краткое описание двигателя	3
1. 1. Общие сведения о двигателе	3
1. 2. Принципы работы двигателя	6
1. 3. Краткие сведения о конструкции двигателя	6
1. 4. Работа клапана перепуска воздуха	8
1. 5. Маслосистема и система суфлирования двигателя	9
1. 6. Топливная система	10
1. 7. Система топливотрегулирования	11
1. 8. Электрооборудование двигателя.	19
1. 9. Измерение температуры газов за турбиной	23
1. 10. Основные отличия двигателей по выпускам	21
Глава II. Технические данные двигателя	26
Глава III. Топливо и масло	30
Глава IV. Эксплуатация двигателя	31
4. 1. Запуск двигателя	31
4. 2. Останов двигателя	34
4. 3. Ложный запуск двигателя	36
4. 4. Холодная прокрутка	36
4. 5. Работа двигателя на режиме отбора воздуха для запуска основного двигателя	37
Глава V. Особенности эксплуатации двигателя в различных климатических условиях	38
5. 1. Влияние климатических условий на основные параметры двигателя	38
5. 2. Особенности зимней эксплуатации двигателя	38

Глава VI.	Уход за двигателем	39
6. 1.	Общие указания	39
6. 2.	Регламент технического обслуживания	40
6. 3.	Технологические указания по уходу за двигателем	40
6. 4.	Учет наработки двигателя при отработке установленного ресурса	43
Глава VII.	Регулирование агрегатов двигателя	43
Глава VIII.	Замена агрегатов и узлов двигателя	45
8. 0.	Общие указания	45
8. 1.	Замена воспламенителя	46
8. 2.	Замена топливной форсунки	47
8. 3.	Замена электромагнитного клапана пускового топлива	48
8. 4.	Замена пускового насоса	48
8. 5.	Замена насоса-регулятора	50
8. 6.	Замена маслонасоса	50
8. 7.	Замена пускового электростартера	51
8. 8.	Замена катушки зажигания	51
8. 9.	Замена клапана перепуска воздуха из-за компрессора	51
8. 10.	Замена запальной свечи	51
8. 11.	Замена датчика (сигнализатора) давления масла	52
8. 12.	Замена трубопроводов	52
8. 13.	Замена масляного бака	54
Глава IX.	Установка и снятие двигателя	56
9. 1.	Распаковка двигателя и подготовка его к установке на самолет (вертолет)	56
9. 2.	Установка двигателя на самолет (вертолет)	58
9. 3.	Снятие двигателя с самолета (вертолета)	59
Глава X.	Расконсервация, консервация и хранение двигателя на самолете (вертолете)	59
10. 1.	Общие указания	59
10. 2.	Наружная расконсервация	60
10. 3.	Расконсервация топливной системы двигателя	60
10. 4.	Консервация двигателя, снимаемого с самолета (вертолета)	61
10. 5.	Хранение двигателя на самолете (вертолете)	64

Глава XI. Возможные неисправности двигателя, причины их возникновения и способы устранения	65
Приложение № 1. Список запасных частей одиночного комплекта, вставляемых с каждым двигателем	70
Приложение № 2. Перечень бортового инструмента с применением его на двигателе	72
Приложение № 3. Продольный разрез двигателя (вклейка)	
Приложение № 4. Временная инструкция по хранению двигателя, законсервированного с применением чехла из полиэтиленовой пленки и силикагеля-осушителя	74

