

Самарский государственный аэрокосмический университет имени  
академика С.П. Королева.

Кафедра: «Техническая эксплуатация летательных аппаратов и двигателей».

## **Двигатель АШ-62ИР.**

### **Учебное пособие.**

(Компьютерный вариант)

Составил: Сошин В.М.

Компьютерная обработка: студент Васьков М.И.

*Пособие предназначено для студентов 1-го курса специальности 13.03., изучающих конструкцию самолета Ан-2 по дисциплине «Авиационная техника».*

Размер файла: 22,7 Мбайт.

Файл помещен в компьютере «Server» ауд. 113-5

Имя файла: E:\ПОСОБИЯ\АШ-62ИР\АШ-62ИР.pdf

Дата составления: 18 декабря. 2007 г.

Допущено для использования

в учебном процессе.

Протокол заседания кафедры «ЭЛАиД»

№ \_\_\_\_\_ от «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2004г.

Самара 2007г.

# ГЛАВА 1. ОСНОВЫ ТЕОРИИ АВИАЦИОННЫХ ПОРШНЕВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ.

## ВВЕДЕНИЕ

Авиационный поршневой двигатель (ПД) работает на принципе преобразования тепловой энергии, выделяющейся при сгорании топлива, в механическую работу, которая обеспечивает вращение выходного вала двигателя. Для использования поршневого двигателя на летательных аппаратах он должен работать совместно с воздушным винтом. Винт устанавливается на вал двигателя и при вращении, взаимодействуя с окружающей средой, перемещается относительно нее, увлекая за собой двигатель и летательный аппарат, на котором он установлен. Поршневой двигатель вместе с воздушным винтом образуют винтомоторную группу (ВМГ).

С момента зарождения авиации и до середины 1940-х годов единственным практически используемым авиационным двигателем был ПД с воздушным винтом. В процессе развития авиационной техники ПД непрерывно совершенствовались. Основные направления совершенствования: повышение мощности, развивающейся двигателем на земле, высотности, уменьшения его массы и улучшения экономичности.

До 1917 Россия не имела собственного авиадвигателестроения. На нескольких заводах собирались и ремонтировались ПД иностранных конструкций. Начиная с 1920-х годов, в стране начали создаваться группы и коллективы, в которых разрабатывались различные типы ПД. Коренной перелом в развитии двигателестроения наступил в конце 1920-х — начале 1930-х гг. В 1930 создан Центральный институт авиационного моторостроения (ЦИАМ), в котором объединились кадры конструкторов и исследователей, начавших активную работу по созданию и отработке прогрессивных конструкций ПД. Уже в начале тридцатых годов насчитывалось несколько заводов, оснащённых первоклассным оборудованием и выпускающих двигатели различных типов, в т. ч. лицензионные. Созданные при заводах КБ совершенствовали выпускаемые двигатели и разрабатывали новые оригинальные конструкции. Многие КБ возглавили конструкторы, переведённые из ЦИАМ, который уже с 1935 начал заниматься только научными исследованиями. Вскоре СССР по техническому уровню авиадвигателестроения вышел в ряд передовых стран мира. Свидетельством этому явились многочисленные рекорды дальности, грузоподъёмности, скорости и высоты, установленные советскими лётчиками в предвоенные годы. Техническое совершенство отечественных ПД позволило нашим конструкторам в годы Великой отечественной войны создавать самолёты, превосходящие по своим летно-техническим характеристикам самолёты фашистской Германии, что обеспечило нашей авиации превосходство в воздухе.

Выдающийся вклад в развитие отечественного двигателестроения внесли советские конструкторы: В. Я. Климов, А. А. Микулин, В. А. Добрынин, А. Д. Швецов и др. Например, под руководством В. Я. Климова был создан поршневой двигатель ВК-105ПФ, этот двигатель устанавливался на самолёты Як-3, Як-7, Як-9, Пе-2. Все эти самолёты достойно показали себя в боях с немецко-фашистскими захватчиками, а самолёт Як-3 был признан лучшим истребителем 2-й мировой войны.

Под руководством А. А. Микулина были созданы двигатели М-34, АМ-38Ф и др. Двигатель АМ-34 устанавливался на самолете АНТ-25, на котором экипажи В. П. Чкалова и М. М. Громова установили рекорды дальности, совершив дальние беспосадочные перелеты через Северный полюс в США. Двигатель АМ-38 устанавливался на самолете Ил-2, который был признан лучшим штурмовиком 2-й мировой войны.

Под руководством А. Д. Швецова были созданы двигатели АШ-62, АШ-82 и др. Двигатель АШ-62 применяется на самолетах Ли-2, Ан-2. Самолет Ли-2 был основным военно-транспортным самолетом в годы Великой отечественной войны, в послевоенные годы он продолжал эксплуатироваться в гражданской авиации. Самолет Ан-2 до сих пор продолжает эксплуатироваться, обеспечивая пассажирские, грузовые перевозки, выполнение сельскохозяйственных работ и др. Двигатель АШ-82 устанавливался на самолёты Ла-5, Ту-2, Пе-8 и др. Самолёт Ту-2 был признан лучшим фронтовым бомбардировщиком 2-й мировой войны. На самолетах-бомбардировщиках Пе-8 наши летчики в 1941 г наносили бомбовые удары по столице фашистской Германии - Берлину.

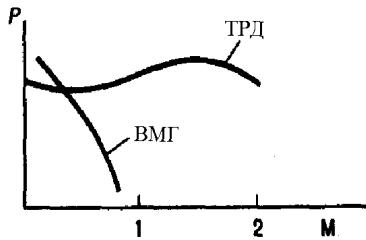
К середине 1940-х гг. ПД достигли очень высокого уровня совершенства. Повышение эффективности и мощности двигателей в сочетании с прогрессом в области аэродинамики и авиации в целом позволили заметно увеличить высотность и скорость полета ЛА. Самолёты-истребители периода 2-й мировой войны достигали высот более 10 км и скоростей полёта 700—750 км/ч.

Однако требование дальнейшего увеличения высотности и скорости уже не могло быть удовлетворено винтомоторной группой с ПД. Ограничение возможностей ПД обуславливалось необходимостью значительного увеличения мощности двигателя для компенсации возраставшего лобового сопротивления и падения КПД винта при приближении скорости полёта к скорости звука (рис. 1-1). Поэтому на смену ПД пришли турбореактивные двигатели (ТРД).

Однако в настоящее время ПД продолжают применяться на летательных аппаратах. Как видно из рисунка 1-1 ВМГ имеет преимущества перед ТРД на небольших скоростях полета. Кроме того, ПД дешевле в производстве и эксплуатации, более экономичны при полетах на небольшую дальность. Перечисленные преимущества ПД определяют сферы их применения:

1. Легкие самолёты для перевозки пассажиров и грузов на небольшие расстояния при отсутствии дорог и подготовленных взлётно-посадочных полос (ВПП).

Поршневой двигатель АШ-62ИР установлен на самолет Ан-2. Самолет Ан-2 имеет уникальные взлетно-посадочные характеристики, может осуществлять посадку на неподготовленных ВПП. Это позволяет активно использовать его в районах Сибири и Дальнего востока.



*Рис. I- 1. Зависимость тяги от скорости полета*

$$\text{Где: } P \text{ — сила тяги; } M = \frac{V}{a},$$

*V — скорость полета;  
a — скорость звука;*

## 2. Учебные самолеты и вертолеты.

Поршневые двигатели применяются на учебном самолете Як-18 и вертолете Ми-34. На этих летательных аппаратах применяются двигатели соответственно М-14П и М-14В26В. Применение ПД на учебных ЛА позволяет снизить стоимость первоначального обучения летчиков.

## 3. Самолеты сельскохозяйственной авиации.

Поршневой двигатель АШ-62ИР установлен на сельскохозяйственном варианте самолета Ан-2. Применение ПД на самолетах сельскохозяйственной авиации позволяет уменьшить стоимость сельскохозяйственных работ и благодаря небольшой скорости полета повысить их качество. Возможность эксплуатации Ан-2 с полевых аэродромов позволяет значительно сократить время полета до обрабатываемого поля и обратно.

## 4. Спортивные самолеты.

ПД установлены на спортивных самолетах Як-50, Як-55, Су-26. На этих самолетах установлены различные модификации двигателя М-14. Применение ПД на спортивных самолетах позволяет выполнять фигуры высшего пилотажа при небольших скоростях полета. Это обеспечивает ограничение зоны пилотирования, что предусмотрено правилами соревнований

Существуют и другие области применения ПД на летательных аппаратах. Например, ПД целесообразно устанавливать на самолеты для патрулирования лесных массивов, трубопроводов, выброса десанта для тушения лесных пожаров, и др.

# **1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ АВИАЦИОННЫХ ПОРШНЕВЫХ ДВИГАТЕЛЯХ**

## **1.1. Классификация авиационных поршневых двигателей.**

Авиационные поршневые двигатели относятся к двигателям внутреннего сгорания. Это означает, что топливо в ПД сгорает внутри самого двигателя. Камера сгорания ПД ограничена внутренней поверхностью цилиндра и поршнем.

Существующие авиационные поршневые двигатели могут быть классифицированы по различным признакам:

### 1) В зависимости от применяемого топлива.

На летательных аппаратах возможно применении поршневых двигателей легкого и тяжелого топлива

К двигателям легкого топлива относятся авиационные ПД, использующие в качестве топлива бензин. Это 4-х тактные двигатели, принцип работы которых будет рассмотрен ниже. Двигатели тяжелого топлива работают на дизельном топливе (солярке). Эти двигатели называются «дизелями» и принцип их работы в данном пособии рассматриваться не будет.

Дизели не нашли широкого применения в качестве двигателей ЛА. Их главный недостаток: малая высотность и неудовлетворительные пусковые свойства. Ограниченно дизели конструкции А. Д. Чаромского М-40 и АЧ-30Б применялись на самолетах времен Великой отечественной войны Ер-2 и Пе-8.

В настоящее время все применяемые на ЛА ПД являются двигателями легкого топлива, т.е. в качестве топлива используют бензин.

### 2) По способу смесеобразования.

Различают двигатели с внешним смесеобразованием (карбюраторные) и с внутренним смесеобразованием (непосредственный впрыск топлива в цилиндры).

У двигателей с внешним смесеобразованием подготовка топливовоздушной смеси (ТВС) осуществляется в специальном агрегате — карбюраторе. Это обеспечивает качественную подготовку смеси, следовательно, ее полное сгорание и снижение потерь топлива. Недостатком карбюраторов является то что, они рассчитаны на работу при положительных перегрузках. Поэтому карбюраторные двигатели применяются на неманевренных самолетах (пассажирских, транспортных...) и вертолетах. Карбюраторным, например, является двигатель АШ-62ИР, устанавливаемый на самолете Ан-2.

Двигатели с непосредственным впрыском топлива в цилиндры широко применялись на самолетах-истребителях времен 2-й мировой войны. В настоящее время используются на спортивных самолетах.

### 3) В зависимости от расположения цилиндров.

Различают двигатели с рядным расположением цилиндров и (цилиндры располагаются в один и более рядов, один за другим) и звездообразные (цилиндры расположены по окружности).

У двигателей с рядным расположением цилиндры расположены компактно, что облегчает размещение такого двигателя на самолете. Кроме того, цилиндры можно расположить в 2, 3 или 4 ряда, что позволит получить большую мощность при незначительном увеличении габаритов двигателя. Недостатком рядного расположения цилиндров является сложность их охлаждения. Внешний вид 2-х рядного поршневого двигателя АМ-34 приведен на рис. 1-4.

У звездообразных двигателей цилиндры расположены по окружности в форме звезды. Причем, количество рядов (звезд) у одного двигателя может быть 1, 2 или 4. Недостатком такого расположения цилиндров является большие поперечные размеры двигателя, и, следовательно, и сложность компоновки на летательном аппарате. Внешний вид однорядного звездообразного поршневого двигателя М-14 приведен на рис. 1-3.

### 4) В зависимости от способа охлаждения.

Различают двигатели жидкостного и воздушного охлаждения.

У двигателей жидкостного охлаждения цилиндры снаружи омываются жидкостью. Затем нагретая жидкость, проходя через специальный теплообменник (радиатор) отдает тепло атмосферному воздуху и снова возвращается к цилиндрам. Такие двигатели выполнены, как правило, с рядным расположением цилиндров, т.е. компактны и удобны для размещения на самолете. Однако они сложны конструктивно, так как на них должна быть специальная система охлаждения, обеспечивающая циркуляцию жидкости. Двигатели жидкостного охлаждения были распространены на самолетах времен 2-й мировой войны. Например, так были изготовлены все двигатели А.А.Микулина: М-34 (рис.1-2), М-35А, М-38Ф, АМ-42.

У двигателей воздушного охлаждения цилиндры охлаждаются при обдуве их воздухом. Цилиндры в таких двигателях расположены в струе воздуха, идущей от воздушного винта, и для улучшения охлаждения имеют об ребрение. Так как необходимо обеспечить охлаждение всех цилиндров, каждый из них должен находиться в воздушной струе. Поэтому цилиндры располагаются по окружности (звездообразно), что приводит к значительному увеличению поперечных размеров двигателя.

Наибольшее распространение в настоящее время получили звездообразные двигатели с воздушным охлаждением. К ним относятся двигатели М-14 (рис.1-3) и АШ-62ИР.

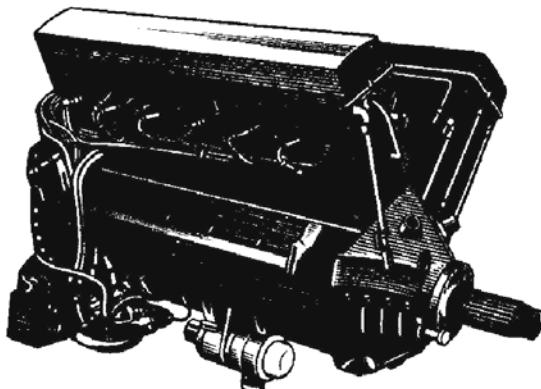
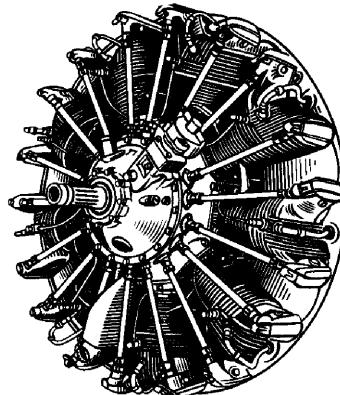


Рис.1-2. Авиационный двигатель АМ-34



*Рис. 1-3. Авиационный двигатель М-14*

**5) В зависимости от характера изменения мощности при изменении высоты полета.**

Авиационные ПД делятся на высотные и невысотные.

Высотные двигатели при увеличении высоты сохраняют свою мощность до достижения какой-то определенной высоты, называемой расчетной ( $H_{расч}$ ). При дальнейшем увеличении высоты (если  $H > H_{расч}$ ) мощность у высотных двигателей снижается. У невысотных двигателей мощность с увеличением высоты только снижается.

На пассажирские и транспортные самолеты устанавливаются высотные двигатели. Например, высотным является двигатель АШ-62ИР.

### **1.2. Принцип работы поршневого двигателя.**

Поршневой двигатель работает на принципе преобразования тепловой энергии в механическую. Рассмотрим, как практически осуществляется этот принцип (рис. 1-4). Через трубопровод 4 подается топливовоздушная смесь (ТВС) по стрелке "А". К моменту подачи топлива в камеру сгорания 6 открывается впускной клапан 5. После заполнения камеры сгорания впускной клапан закрывается и к свече 8 подается высокое электрическое напряжение. В свече возникает электрическая искра, которая поджигает ТВС. Топливовоздушная смесь, быстро сгорая, расширяется, в камере сгорания возникает значительное давление горевших газов. Это давление, действуя на поршень 3, заставляет его двигаться вниз в цилиндре 2 и через шатун 9 движение передается коленчатому валу 10, который вращается по стрелке "В". Коленчатый вал, вращаясь, перемещает поршень вверх и через открытый выпускной клапан 7 продукты сгорания удаляются из двигателя в атмосферу (по стрелке "Б"). Коленчатый вал вращается в корпусе 1, который носит название картера. К передней части коленчатого вала может быть присоединен редуктор, вращение которого передается воздушному винту самолета.

Рассмотрим подробно схему работы четырехтактного поршневого двигателя, применяемогося сегодня в авиационном двигателестроении.

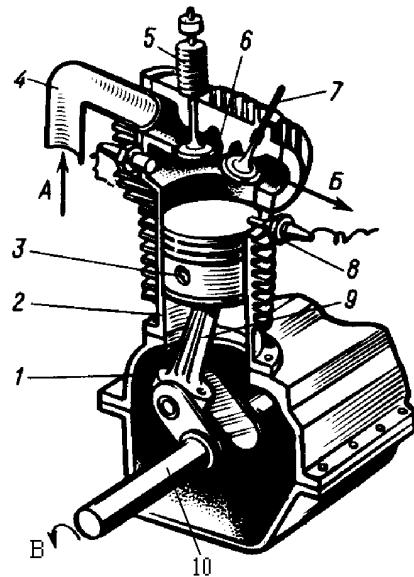
В четырехтактном поршневом двигателе внутреннего сгорания чередующиеся процессы преобразования тепловой энергии в механическую осуществляются в следующем порядке (рис. 1-5):

- поступление ТВС в камеру сгорания — впуск (первый такт);
- сжатие поступившей смеси (второй такт);
- расширение после сгорания смеси (третий такт);
- выпуск горевших газов (четвертый такт).

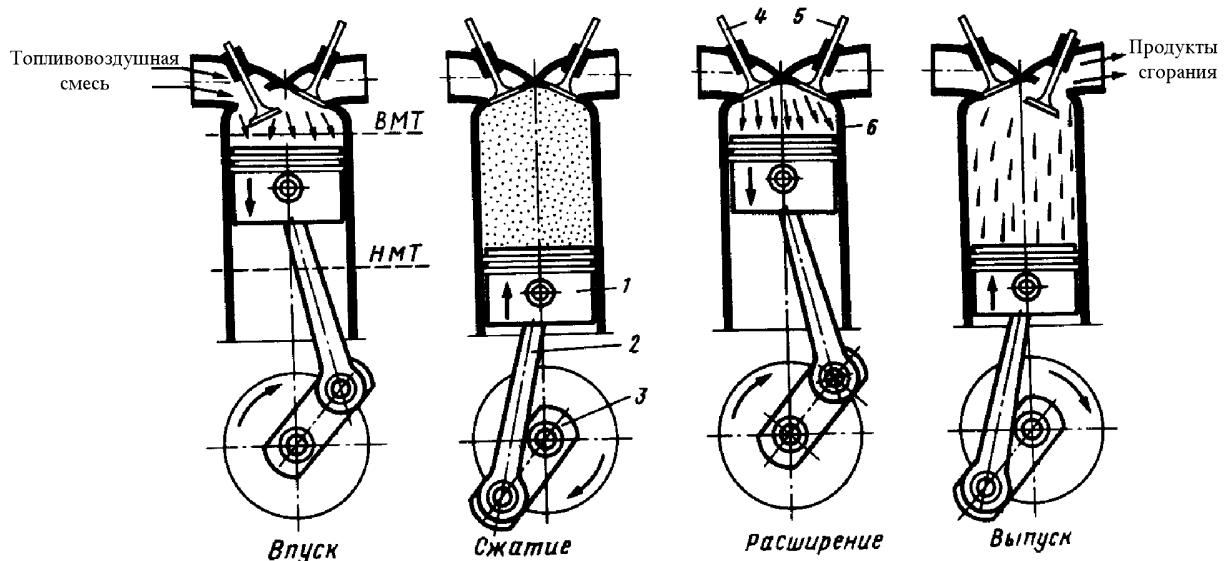
В начале такта впуска поршень 1 находится в верхнем положении. На рис. 1-3 это положение отмечено линией с обозначением ВМТ (верхняя мертвая точка). Нижнее положение поршня отмечено линией НМТ — нижняя мертвая точка. Таким образом, поршень во всех тактах перемещается от ВМТ к НМТ.

В **первом такте** (впуск) поршень, двигаясь вниз, при открытом впускном клапане 4 дает возможность смеси заполнить цилиндр 6. В процессе впуска цилиндр заполняется свежей ТВС. Чем больше попадет смеси в цилиндр к моменту закрытия впускного клапана, тем большую мощность может развивать двигатель.

В **втором такте** (сжатие) коленчатый вал 3 через шатун 2 передает движение поршню 1, и он перемещается вверх, сжимая поступившую в цилиндр горючую смесь. В этот момент впускной клапан закрыт. Сжатие горючей смеси производится для того, чтобы обеспечить высокое давление. При большем давлении в процессе расширения будет выполнена большая работа.



*Рис. 1-4. Принципиальная схема поршневого двигателя:*  
 1 — картер; 2 — цилиндр; 3 — поршень; 4 — трубопровод подачи ТВС; 5 — впускной клапан; 6 — камера сгорания; 7 — выпускной клапан; 8 — свеча; 9 — шатун; 10 — коленчатый вал



*Рис. 1-5. Схема работы четырехтактного поршневого двигателя:*  
 1 — поршень; 2 — шатун; 3 — коленчатый вал; 4 — впускной клапан; 5 — выпускной клапан; 6 — цилиндр

**В третьем такте (расширение)** при закрытых клапанах впуска и выпуска в верхнюю часть цилиндра, в пространство над поршнем, находящимся в ВМТ, подается искра, от которой зажигается ТВС. Сгорание начинается в конце такта сжатия. Сгорание топлива, входящего в топливовоздушную смесь, — химический процесс окисления углерода и водорода кислородом воздуха. В результате при полном сгорании образуются углекислый газ  $CO$  и вода  $H_2O$ . При неполном сгорании к ним добавляется окись углерода  $CO$ .

Быстро расширяясь, сгоревшие газы толкают поршень вниз. Через шатун коленчатому валу придается вращательное движение. Поршень опускается до НМТ. Процесс расширения — основной процесс, так как именно здесь совершается работа по преобразованию тепла в механическую работу.

**В четвертом такте (выпуск)** поршень из НМТ поднимается, выталкивая сгоревшие газы через открытый клапан выпуска 5. Процесс выпуска заканчивается в момент закрытия выпускного клапана.

Все четыре такта в четырехтактном поршневом двигателе совершаются за два оборота коленчатого вала. Все процессы, происходящие в цилиндре двигателя, выполняются за два оборота коленчатого вала или четыре хода поршня и называются циклом двигателя. Цикл двигателя начинается с первого такта и заканчивается четвертым. Затем весь процесс снова повторяется, наступает следующий цикл. Поршневые двигатели, имеющие такой цикл, называются четырехтактными.

В описанной выше схеме на рис. 1-2 и 1-3 показан ПД с одним цилиндром. Из приведенного описания следует, что тепловая энергия сгоревшей смеси превращается в механическую работу только в третьем такте (расширение). Вот почему в одноцилиндровом двигателе вращение коленчатого вала не может быть равномерным, да и мощность один цилиндр выдает весьма малую. Поэтому поршневые двигатели делают многоцилиндровыми.

### 1.3. Кривошипно-шатунный механизм. Геометрические параметры ПД.

Как было сказано выше, поршень совершает возвратно-поступательные перемещения от верхней мертвой точки (ВМТ) до нижней мертвой точки (НМТ). Коленчатый вал двигателя при этом вращается. Передача перемещения от поршня к коленчатому валу двигателя производится при помощи кривошипно-шатунного механизма. Т.е. можно сказать, что кривошипно-шатунный механизм преобразует возвратно-поступательное движение поршня во вращательное движение коленчатого вала. Основные части кривошипно-шатунного механизма: поршень, шатун и кривошип (рис.1-6). Конструктивно кривошип выполнен как составная часть коленчатого вала.

Очевидно, что положения ВМТ и НМТ определяются длиной шатуна и радиусом кривошипа. Длина шатуна — это расстояние от оси поршневой (верхней) головки шатуна до оси кривошипной (нижней) головки шатуна. Обозначается длина шатуна буквой  $L$ . Радиус кривошипа — это расстояние от оси коренной шейки до оси шатунной шейки. Обозначается радиус кривошипа буквой  $R$ .

Проходимое поршнем расстояние между ВМТ и НМТ называется ходом поршням и обозначается буквой  $S$ . Ход поршня осуществляется за пол-оборота коленчатого вала, т.е. за  $180^\circ$ , и равен двум радиусам кривошипа:  $S = 2R$ .

Перемещение поршня в цилиндре вызывает изменение его внутреннего объема. При этом различают три характерных объема цилиндра: объем камеры сжатия, рабочий объем и полный объем.

Объем цилиндра над поршнем, когда последний находится в ВМТ, называется камерой сжатия или камерой сгорания и обозначается  $V_c$ .

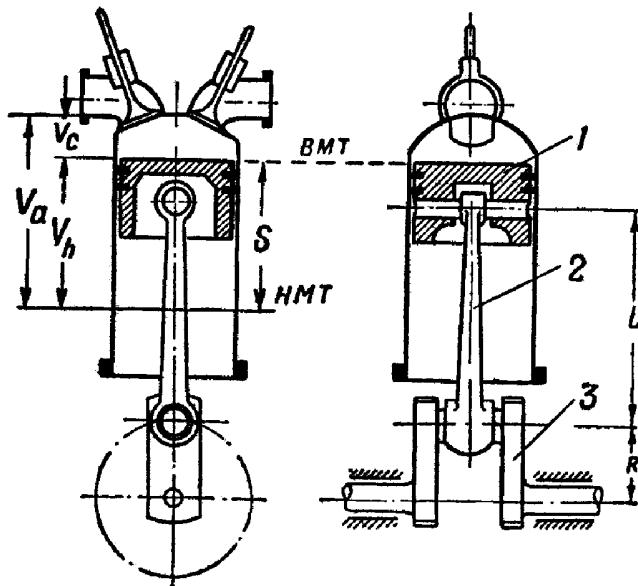


Рис. 1-6. Кривошипно-шатунный механизм:  
1 — поршень; 2 — шатун; 3 — коленчатый вал

Объем цилиндра, соответствующий ходу, поршня  $S$ , называется рабочим объемом. Он обозначается  $V_h$ . Его можно определить, зная диаметр цилиндра  $D$  и ход поршня  $S$ :

$$V_h = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot S, (1)$$

Рабочий объем всех цилиндров двигателя носит название литраж и равен:

$$V_h \cdot i = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot S \cdot i, (2)$$

где  $i$  — число цилиндров двигателя.

Объем цилиндра, ограничиваемый поршнем при его положении в НМТ, называется полным объемом цилиндра и обозначается  $V_a$ . Очевидно, что:  $V_a = V_c + V_h$ .

Отношение полного объема цилиндра к объему камеры сгорания называется степенью сжатия и обозначается буквой  $\varepsilon$ , т. е.

$$\varepsilon = \frac{V_a}{V_c} = \frac{V_h + V_c}{V_c}, \quad (3)$$

Степень сжатия в авиационных поршневых двигателях лежит в пределах 5 ÷ 8.

#### 1.4. Идеальный рабочий цикл.

##### Диаграмма идеального рабочего цикла поршневого двигателя

Рабочий цикл – это совокупность циклически повторяющихся термодинамических процессов в цилиндре поршневого двигателя. В ходе цикла изменяются параметры рабочего тела (воздуха). Цикл, как было сказано выше, включает в себя 4 такта, соответствующим 2 оборотам коленчатого вала. Рассмотрим, как изменяются параметры рабочего тела в цилиндре ПД за один цикл, и построим график зависимости давления в цилиндре ( $p$ ) от его объема ( $V$ ). В результате получим замкнутую кривую, которая называется индикаторной диаграммой двигателя.

Приведем условия, при которых рабочий цикл ПД считается идеальным:

- отвода тепла через стенки поршня и цилиндра не происходит;
- сопротивления перетеканию воздуха (газа) в каналах впуска и выпуска нет;
- давление воздуха в каналах впуска и выпуска равно атмосферному ( $p_0$ ),
- давление воздуха во внутренних объемах двигателя равно атмосферному;
- клапаны открываются и закрываются в ВМТ и НМТ с бесконечно большой скоростью;
- ТВС в цилиндре сгорает с бесконечно большой скоростью.

##### 1. Такт «впуск».

Клапан впуска открыт, клапан выпуска закрыт, поршень перемещается от ВМТ к НМТ, рабочий объем цилиндра возрастает и заполняется топливовоздушной смесью. Так как клапан впуска открыт, давление в цилиндре постоянно и равно атмосферному. Такту впуска соответствует линия «ra» на графике (рис.1-7).

##### 2. Такт «сжатие».

Оба клапана закрыты, поршень перемещается от НМТ к ВМТ, происходит адиабатическое сжатие ТВС. Такту сжатия соответствует линия «ac» на графике (рис.1-7).\*

##### 5. Такт «расширение».

Оба клапана закрыты, в ВМТ происходит подача напряжения на свечи и воспламенение ТВС, происходит резкий рост давления и температуры газа при постоянном объеме. Затем поршень под действием высокого давления газа перемещается от ВМТ к НМТ, передавая усилие на коленчатый вал двигателя. Такту расширения соответствуют две линии на графике: линия «cz» – горение ТВС, линия «zb» – адиабатическое расширение газа.

##### 6. Такт «выпуск».

Клапан впуска закрыт, клапан выпуска открыт, поршень перемещается от НМТ к ВМТ, цилиндр освобождается от продуктов сгорания. Такту выпуска соответствуют две линии на графике: линия «ba» – падение давления в цилиндре после открытия выпускного клапана, линия «ar» – вытеснение продуктов сгорания при движении поршня. Так как при движении поршня клапан выпуска остается открытым давление в цилиндре равно атмосферному.

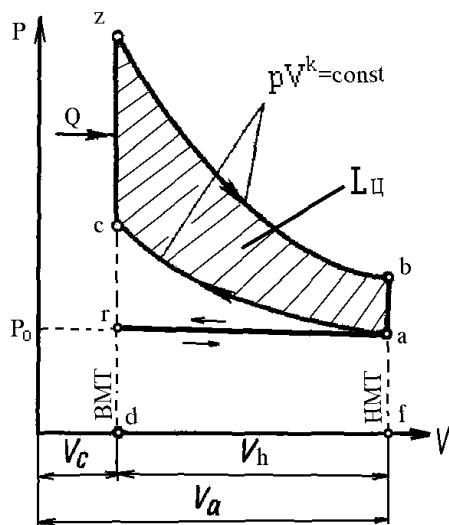


Рис.1-7. Индикаторная диаграмма идеального рабочего цикла поршневого двигателя

Тогда в целом для рабочего цикла можно сказать: работа расширения-сжатия газа в цилиндре ПД за один цикл будет равна сумме работ в каждом из тактов. Эта работа называется работой цикла.

$$L_{Ц} = L_{Вп} + L_{Сж} + L_{расш} + L_{вып},$$

Где  $L_{Ц}$  — работа цикла — работа, вырабатываемая одним цилиндром ПД за один цикл (4 такта);

$L_{Вп}$  — работа такта впуска — работа, затрачиваемая на перемещение поршня при заполнении цилиндра ТВС;

$L_{Сж}$  — работа такта сжатия — работа, затраченная на адиабатическое сжатие газа в цилиндре двигателя.

$L_{расш}$  — работа такта расширения — работа, производимая расширяющимся газом.

$L_{вып}$  — работа такта выпуска — работа, затрачиваемая на перемещение поршня при удалении продуктов сгорания из цилиндра.

С учетом принятых допущений и рассмотренной выше схемы работы, можно сделать вывод, что работа в такте впуска и выпуска равны нулю. Это объясняется равенством давлений в камере сгорания и во внутреннем объеме двигателя, поэтому суммарная сила, действующая на поршень в тактах впуска и выпуска равна нулю, следовательно, равна нулю и работа на перемещение поршня ( $L_{Вп}=0$ ,  $L_{вып}=0$ ).

Из анализа схемы работы ПД можно сказать, что работа расширения является положительной ( $L_{расш} > 0$ ) т.к. сгоревшие газы перемещают поршень и через шатун коленчатому валу придается вращательное движение. Работа сжатия отрицательна ( $L_{Сж} < 0$ ) т.к. необходимо затратить работу на сжатие газа.

Тогда, преобразовав формулу (4) с учетом знака работы для идеального цикла, можно записать:

$$L_{Ц} = L_{расш} - L_{Сж}$$

Как известно из термодинамики (см. приложение 1-2) работа расширения-сжатия газа эквивалентна площади фигуры, ограниченной графиком изменения параметров газа, построенного в координатах  $p-V$ , и линией обозначающей давление, действующее на поршень со стороны внутреннего объема двигателя. Поэтому работа расширения газа эквивалентна площади фигуры « $rzba$ » (рис.1-7); работа сжатия — площади « $gca$ ». Откуда работа цикла эквивалентна площади « $cz'ba$ ». Следовательно, можно сделать вывод: работа цикла поршневого двигателя эквивалентна площади внутри графика, построенного в  $p-V$  координатах.

### 1.5. Методы повышения мощности поршневых двигателей.

#### 1) Увеличение количества подводимого тепла к газу, расположенному в камере сгорания.

При увеличении количества подводимого тепла возрастает давление газа в начале такта расширения, увеличивается сила, с которой газы будут действовать на поршень, следовательно, растет работа расширения и работа цикла. Поэтому при работе двигателя, можно управлять его мощностью путем изменения количества ТВС, подаваемого в цилиндры.

Изменение идеального рабочего цикла при увеличении количества ТВС показано на рисунке 1-8. Из рисунка видно, что при увеличении количества подводимого тепла работа цикла эквивалентна площади « $cz'b'a$ », т.е получаем приращение работы цикла  $\Delta L_{Ц}$ .

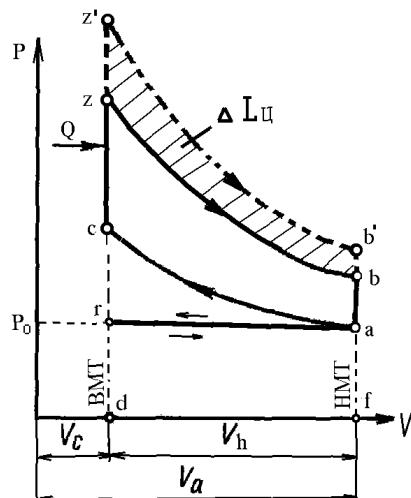


Рис. 1-8. Изменение идеального рабочего цикла при увеличении количества подводимого к газу тепла,  $\Delta L_{Ц}$  — приращение работы цикла

#### 2) Увеличение степени сжатия.

При увеличении степени сжатия увеличивается ход поршня и максимальное давление в камере сгорания (рис.1-9), а следовательно, возрастает и работа цикла. Работа цикла для увеличенной степени сжатия эквивалентна площади « $c'z'b'a$ ».

Кроме того, с ростом степени сжатия, как правило, увеличивается рабочий объем двигателя, что позволяет подавать в камеру сгорания больше ТВС. Поэтому дополнительно появляется возможность увеличить мощность двигателя путем увеличения количества подводимого тепла.

Степень сжатия является характеристикой конструкции двигателя и устанавливается при его проектировании. Подробно влияние степени сжатия на работу двигателя рассмотрено в п. 4.3.

\*Сведения о термодинамических процессах приведены в приложении 1-1.

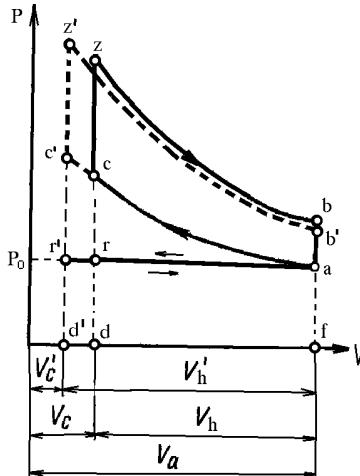


Рис. I-9. Изменение идеального рабочего цикла при увеличении степени сжатия

### 3) Увеличение частоты вращения коленчатого вала.

Как было сказано ранее, работой цикла называется работа, произведенная в цилиндре поршневого двигателя за один цикл, т.е. за 4 такта его работы. Если увеличить угловую скорость вращения коленвала, то в единицу времени будет осуществляться большее количество циклов, а значит производиться больше работы. Следовательно, с ростом угловой скорости вращения коленвала возрастает мощность поршневого двигателя.

## 2. ПРОЦЕСС СГОРАНИЯ ТОПЛИВОВОЗДУШНОЙ СМЕСИ

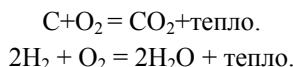
### 2.1. Общие сведения о горении ТВС

В ПД процесс подвода тепла к рабочему телу осуществляется в цилиндре двигателе. Подвод тепла происходит в результате сгорания топлива. При горении окислителем служит кислород атмосферного воздуха, а топливом — авиационный бензин. Применяемые в настоящее время авиационные бензины нефтяного происхождения состоят, в основном, из углерода (84—86%) и водорода (14—16%).

Процесс горения топлива представляет собой совокупность химических реакций окисления, приводящих к превращению химической энергии топлива в основном в тепловую энергию, а самого топлива — в газообразные вещества (продукты сгорания).

**Протекание процесса горения** и параметры продуктов сгорания (температура, состав продуктов сгорания) в значительной мере зависят от состава смеси, то есть от соотношения топлива и окислителя.

При сгорании углеводородного топлива происходят химические реакции:



Как следует из характера химических реакций, для полного окисления углеводородного топлива необходимо строго определенное количество кислорода воздуха. Наименьшее количество окислителя, потребное для полного сжигания (окисления) одного килограмма топлива, называется теоретически необходимым количеством окислителя (обозначается через  $L_0$ ). Продуктами полного окисления углеводородных топлив являются  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ .

Для авиационных бензинов  $L_0 \approx 15$  кг воздуха/кг бензина. В действительности в цилиндры двигателя на 1 кг топлива подается  $L$  кг воздуха.

Отношение действительного количества воздуха  $L$ , подведенного в двигателе для окисления 1 кг топлива, к теоретически необходимому называется коэффициентом избытка воздуха:

$$\alpha = \frac{L}{L_0}.$$

При  $L=L_0$  коэффициент  $\alpha=1$  и топливовоздушная смесь называется теоретической, при  $\alpha < 1$  — богатой (с избытком топлива), а при  $\alpha > 1$  —бедной (с недостатком топлива). Полное сгорание всего подаваемого в цилиндры бензина возможно только при  $\alpha \geq 1$ .

**Теплотворность топлива ( $H_u$ )** называется количество тепла, выделяющегося при полном сгорании 1 кг топлива. Теплотворность определяют экспериментальным путем, сжигая топливо в среде сжатого кислорода в специальных приборах — калориметрах. Выделенное тепло рассчитывают по нагреву воды в калориметре.

Теплотворность авиационных бензинов равна приблизительно 44000 кДж/кг.

**Теплотворность топливовоздушной смеси ( $h_u$ )** называется количество тепла, выделяющегося при полном сгорании 1 кг топливовоздушной смеси.

При  $\alpha=1$  на 1 кг топлива в камеру сгорания подается  $L_o$  килограммов воздуха. В результате получаются топливовоздушная смесь (ТВС), а после сгорания — продукты сгорания в количестве  $1+L_o$  кг. При сгорании этой смеси выделяется тепло, равное  $H_u$ . Тогда теплотворность топливовоздушной смеси будет равна

$$h_u = \frac{H_u}{1 + L_o}.$$

Если  $\alpha$  отличается от единицы, то количество смеси и образующихся из нее продуктов сгорания равно  $1+L=1+\alpha L_o$ . Тогда теплотворность топливовоздушной смеси определяется по формуле

$$h_\alpha = \frac{H_\alpha}{1 + \alpha \cdot L_o},$$

где  $h_\alpha$  — теплотворность смеси при  $\alpha \neq 1$ ;  $H_\alpha$  — теплотворность топлива при  $\alpha \neq 1$ .

Как видно из графика на рис 1-10, наибольшее количество тепла ( $H_\alpha$ ) при сгорании ТВС выделяется при  $\alpha=1$ . Это объясняется следующим. При  $\alpha>1$  с увеличением избытка воздуха количество тепла, выделяющегося при сгорании ТВС, уменьшается т.к. в составе смеси уменьшается количество топлива. В области богатых смесей ( $\alpha<1$ ) топливо из-за недостатка кислорода окисляется не полностью, поэтому теплотворность ТВС также снижается.

Из сказанного можно сделать вывод, что в цилиндры ПД необходимо подавать ТВС с коэффициентом избытка воздуха близким к теоретическому. Следовательно, увеличивая количество подаваемого в цилиндры топлива, необходимо увеличить и количество воздуха.

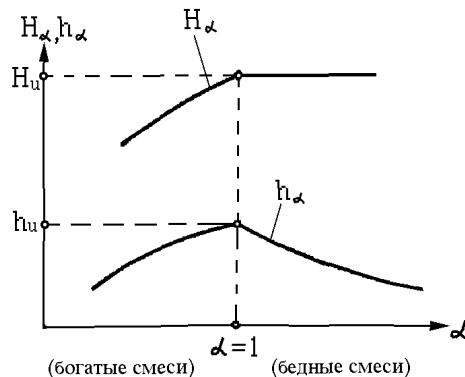


Рис. 1-10. Влияние состава смеси на теплотворность топлива  $H_\alpha$ , и топливовоздушной смеси  $h_\alpha$

## 2.2.Условия горения ТВС

Для горения ТВС необходимо выполнить оба приведенных ниже условия.

- 1) Для горения ТВС необходимо обеспечить величину коэффициента избытка воздуха в интервале:  
 $\alpha_{\min} < \alpha < \alpha_{\max}$ .

При обогащении смеси (уменьшении  $\alpha<1$ ) температура продуктов сгорания уменьшается вследствие затраты тепла на испарение и нагрев избыточного топлива, не участвующего в горении. При обеднении смеси (увеличении  $\alpha>1$ ) температура продуктов сгорания уменьшается за счет затраты тепла на нагрев избыточного воздуха. Для существующих углеводородных топлив  $\alpha_{\min} \approx 0,3 \div 0,4$  и  $\alpha_{\max} \approx 1,3 \div 1,5$ .

- 2) Необходимо обеспечить испарение топлива

Химическая реакция в цилиндрах ПД может происходить только между газообразным кислородом воздуха и парами топлива. Если топливо находится в жидкой фазе, то с кислородом контактируют лишь те молекулы, которые находятся на внешней поверхности капель. Этого для поддержания горения недостаточно.

## 2.3.Способы воспламенения ТВС

Воспламенение ТВС можно каждым из трех ниже перечисленных способов.

- 1) Нагреть ТВС до температуры вспышки ( $t_{всп}$ ) и внести посторонний источник огня.

При таком воспламенении мощность источника огня может быть минимальна, например, маломощная электрическая искра. Источник огня будет служить катализатором, инициирующим воспламенение ТВС. При таком способе воспламенения пламя будет распространяться от источника к остальным объемам ТВС. Такой способ воспламенения называется принудительным. Таким способом осуществляется воспламенение ТВС в четырехтактном поршневом двигателе.

- 2) Нагреть ТВС до температуры самовоспламенения ( $t_c/v$ ) без постороннего источника огня.

При этом условия для воспламенения возникают одновременно во всем объеме ТВС, происходит сгорание ТВС с большой скоростью. При таком воспламенении давление в цилиндрах возрастает с большой скоростью, детали двигателя нагружаются значительными ударными нагрузками.

3) Внести в ТВС деталь нагретую до высокой температуры (тдет).

При этом от нагретой детали происходит нагрев ТВС и ее воспламенение.

Величины температуры вспышки ( $t_{всп}$ ), температуры самовоспламенения ( $t_{с/в}$ ) и температуры детали ( $t_{дет}$ ) для бензина и керосина приведены в таблице 1. Из анализа таблицы 1 можно сделать выводы:

—  $t_{всп}$  у бензина гораздо меньше чем у керосина, поэтому бензиновые двигатели (двигатели легкого топлива) имеют лучшие пусковые характеристики;

—  $t_{с/в}$  у бензина гораздо больше чем у керосина, поэтому на двигателях легкого топлива для воспламенения ТВС необходимо устанавливать электрические свечи зажигания;

—  $t_{дет}$ , воспламеняющей ТВС с парами бензина значительно выше чем керосина, поэтому на двигателях легкого топлива реже возникает непреднамеренное воспламенение ТВС при ее контакте с нагретыми деталями.

Таблица 1

Температура воспламенения ТВС / топливо	Бензин	Керосин
Температура вспышки, $t_{всп}$ , °C	- 30	+28 ÷ +30
Температура самовоспламенения, $t_{с/в}$ , °C	+ 331	+ 220
Температура нагретой детали, $t_{дет}$ , °C	+ 430	+ 325

#### 2.4. Основные фазы горения ТВС

Рассмотрим основные фазы горения ТВС при ее воспламенении от постороннего источника огня. Т.к. в поршневом двигателе источником огня является электрическая свеча, начнем рассматривать горение ТВС с момента подачи электрического напряжения на свечу.

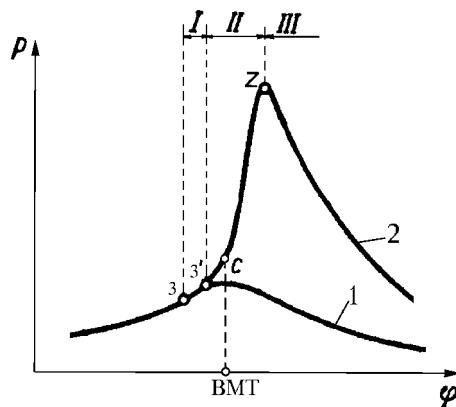


Рис. 1-11 Изменение давления ( $p$ ) в цилиндрах ПД в зависимости от угла поворота коленвала ( $\varphi$ ) при отсутствии горения (график 1) и при принудительном воспламенении ТВС (график 2)  
I, II, III — фазы горения

Процесс горения ТВС в цилиндрах ПД можно разбить на три фазы:

I — фаза формирования начального очага воспламенения (фаза скрытого горения);

II — фаза распространения пламени (фаза видимого горения);

III — фаза завершения сгорания и догорания.

I — фаза. Начало I-й фазы — подача напряжения на свечу (точка 3 см. рис.1-11), завершение — рост давления в рабочем объеме цилиндра, обусловленный подводом теплоты (точка 3'). На этой фазе горения вокруг свечи зажигания происходит ионизация молекул ТВС, формируется начальный очаг пламени.

II — фаза. Начало II-й фазы в точке 3', завершение — в точке Z, когда давление в цилиндре достигает максимальной величины. В начале второй фазы происходит передача горения от начального очага к окружающему его объему ТВС. В дальнейшем горение активно распространяется от горящей ТВС к «свежей».

III — фаза. Начало III-й фазы в точке Z, завершение — при полном догорании всего топлива, находящегося в цилиндре. Наличие III-й фазы объясняется присутствием в ТВС капель топлива, которые могут сгореть только после своего испарения. Поэтому продолжительность процесса сгорания увеличивается. При рассмотрении реального рабочего процесса III-ю фазу горения ТВС относят к такту расширения.

#### 2.5. Скорость сгорания ТВС

Как было показано выше, сгорание топливовоздушной смеси в двигателе происходит не мгновенно, а в течение некоторого времени. Для существующих двигателей суммарная продолжительность I-й и II-й фаз горения составляет  $0,003 \div 0,01$  сек, что соответствует повороту коленвала на угол  $30 \div 45^\circ$ .

Скорость сгорания ТВС обычно оценивают по средней скорости распространения пламени по объему камеры сгорания, выраженной в метрах в секунду. Для нормально работающего двигателя величина скорости распространения пламени во второй фазе составляет  $20 \div 30 \text{ м/сек}$ . Температура и давление в цилиндре в точке Z (рис. 1-11) достигают максимальной величины, составляя для современных двигателей соответственно  $2600 \div 2800 \text{ К}$  и  $50 \div 80 \text{ кг/см}^2$ .\*

Продолжительность сгорания зависит от температуры смеси, степени сжатия, наличия остаточных газов в цилиндре, наличия вихревых движений смеси, частоты вращения коленчатого вала, числа и расположения свечей, формы камеры сгорания и состава смеси.

Чем больше температура смеси перед воспламенением, тем больше скорость ее сгорания.

С увеличением степени сжатия скорость сгорания увеличивается, так как увеличивается температура смеси к моменту ее воспламенения.

Присутствие остаточных газов в количестве примерно до 10% от количества свежей смеси почти не отражается на скорости сгорания; дальнейшее увеличение их уменьшает скорость сгорания.

Чем больше завихренность смеси, тем быстрее она сгорает и тем больше будет скорость сгорания.

Повышение числа оборотов коленчатого вала увеличивает скорость поступления смеси в цилиндр, что приводит к увеличению интенсивности вихревых движений смеси и, следовательно, к увеличению скорости сгорания.

С увеличением числа свечей сокращается путь, проходимый пламенем, вследствие чего при неизменной скорости распространения пламени уменьшается продолжительность сгорания и возрастает скорость нарастания давления. Однако применение большого количества свечей усложняет конструкцию цилиндра. Кроме того, опытом установлено, что эффективное сгорание в цилиндре вполне обеспечивается двумя свечами.

Поэтому в современных двигателях обычно устанавливают две свечи, расположенные одна против другой. Расположение свечей также влияет на время сгорания: чем меньше будет расстояние между свечой и наиболее удаленным местом камеры сгорания, тем меньше будет продолжительность сгорания смеси.

Форма камеры сгорания также оказывает влияние на время сгорания смеси, так как от нее зависит величина пути, проходимого пламенем, и степень завихренности смеси.

Сильное влияние на скорость сгорания смеси оказывает ее состав. Установлено, что при  $\alpha = 0,85 \div 0,90$  скорость сгорания смеси наибольшая (рис. 1-12). При изменении состава смеси по сравнению с указанным выше уменьшается скорость ее сгорания. При очень богатых или очень бедных смесях работа двигателя невозможна, так как смесь хотя и воспламеняется от электрической искры, но пламя не в состоянии распространиться по объему камеры сгорания вследствие недостатка кислорода (богатая смесь) или недостатка топлива (бедная смесь). Коэффициенты избытка воздуха, при которых прекращается распространение пламени по объему смеси, называются пределами воспламеняемости. Как было сказано выше, для бензиновоздушных смесей пределы воспламеняемости составляют: для богатой смеси  $\alpha_{\min} \approx 0,3 \div 0,4$  и  $\alpha_{\max} \approx 1,3 \div 1,5$ .

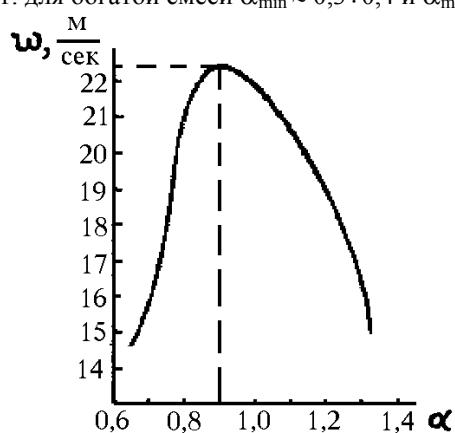


Рис. 1-12. Зависимость скорости горения ТВС ( $\omega$ ) от коэффициента избытка воздуха ( $\alpha$ ) для двигателя АШ-62ИР

Эти свойства смеси необходимо учитывать при эксплуатации авиационных двигателей. Например, в летнее время, при высокой температуре окружающего воздуха, при запуске только что остановленного (горячего) двигателя нельзя заливать много бензина в цилиндры, так как бензин быстро испаряется и вызывает чрезмерное обогащение смеси, при котором двигатель не может давать вспышек, т. е. не запускается при совершенно исправных системах запуска и зажигания.

Наоборот, при низких температурах окружающего воздуха (в зимнее время) необходимо увеличивать заливку бензина в цилиндры перед запуском двигателя, так как при недостаточной заливке вследствие слабой испаряемости бензина при низких температурах смесь будет слишком бедной и двигатель не запустится.

\*Для двигателя АШ-62ИР максимальные давление и температура в цилиндрах составляют:  $65 \div 70 \text{ кгс/см}^2$  и  $2500 \text{ С}^\circ$ .

## 2.6. Опережение зажигания

Опытным путем установлено, что наивыгоднейшие условия для работы двигателя создаются, когда максимальное давление в цилиндре двигателя наступает в такте расширения при положении поршня, соответствующем  $10—15^\circ$  поворота коленчатого вала после ВМТ. Чтобы выполнить это условие, необходимо подобрать момент зажигания смеси.

Если воспламенить смесь в момент нахождения поршня в ВМТ, то сгорание ее будет происходить во время такта расширения и закончится значительно позже по углу поворота коленчатого вала. Это приведет к тому, что процесс сгорания будет протекать в большем объеме цилиндра, что увеличит потери тепла в стенки цилиндра; максимальное давление и температура газов при этом понизятся, вследствие чего снизится мощность и экономичность двигателя.

Учитывая это обстоятельство, напряжение на свечу зажигания подается с опережением, т. е. в конце процесса сжатия, до прихода поршня в ВМТ. Величина опережения обычно измеряется в градусах угла поворота коленчатого вала от момента подачи напряжения на свечу до момента прихода поршня в ВМТ. Этот угол называется углом опережения зажигания или опережением зажигания.

При слишком раннем опережении зажигания сгорание смеси может закончиться до того, как поршень придет в ВМТ. Это приведет к сильному увеличению давления в цилиндре в такте сжатия и, следовательно, к затрате излишней работы на сжатие смеси и уменьшению мощности двигателя. Поэтому должен быть какой-то наивыгоднейший угол опережения зажигания, при котором поджигание смеси дает наилучшее использование тепла. Такой наивыгоднейший угол опережения зажигания и подбирается на заводе опытным путем. Для авиационных двигателей этот угол составляет  $10 \div 45^\circ$  до ВМТ.

На величину наивыгоднейшего угла опережения зажигания влияют следующие факторы:

- величина коэффициента избытка воздуха;
- степень сжатия;
- число свечей;
- частота вращения коленвала двигателя.

Наименьший угол опережения зажигания соответствует коэффициенту избытка воздуха  $\alpha=0,85 \div 0,90$ , так как смесь такого состава сгорает с максимальной скоростью. При обогащении или обеднении смеси скорость ее сгорания уменьшается, и, следовательно, наивыгоднейший угол опережения зажигания для таких смесей будет соответственно больше.

При увеличении степени сжатия скорость сгорания смеси возрастает, и, следовательно, наивыгоднейший угол опережения зажигания будет соответственно меньше.

При увеличении числа свечей в цилиндре (до двух) путь, проходимый фронтом пламени, будет меньшим, процесс сгорания будет заканчиваться раньше. В этом случае требуется меньший угол опережения зажигания по сравнению с тем, когда зажигание происходит от одной свечи.

При изменении частоты вращения коленвала изменяется время, в течение которого происходит сгорание: при увеличении оно уменьшается, а при уменьшении, наоборот, увеличивается. Поэтому на некоторых двигателях, в том числе на АШ-62ИР, с увеличением частоты вращения угол опережения зажигания возрастает (рис. 1-13), т.е. напряжение на свечи зажигания подается раньше.

При наличии в цилиндре двух свечей углы опережения зажигания на каждую из свечей могут быть разными. Например, у двигателя АШ-62ИР угол опережения зажигания при частоте вращения коленвала выше 1400 об/мин ( $\Phi_{03}^{\max}$ ) для передних свечей  $20^\circ$ , для задних —  $15^\circ$ . Это объясняется тем, что передние свечи ближе расположены к клапанам выпуска, где ТВС в большей степени загрязнена продуктами сгорания и горит с меньшей скоростью. Разность между углами опережения зажигания на больших и малых оборотах ( $\Phi_{03}^{\max} - \Phi_{03}^{\min}$ ) составляет примерно  $4^\circ$ .

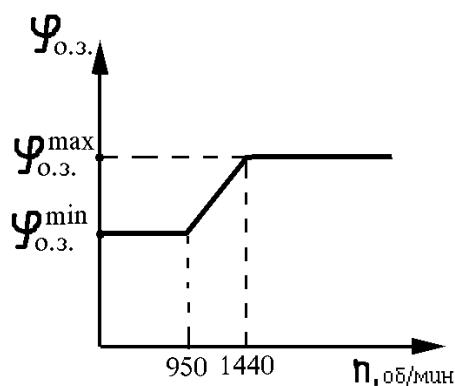


Рис. 1-13. Зависимость угла опережения зажигания ( $\Phi_{03}$ ) от частоты вращения коленвала ( $n$ ) для двигателя АШ-62ИР

## 2.7. Преждевременная вспышка смеси

Преждевременная вспышка происходит вследствие самопроизвольного, слишком раннего воспламенения смеси от какого-либо постороннего источника, например, накаленных выхлопных клапанов, электродов свечи и т. п. (см. п.2.3), а не от электрической искры. При этом процесс сгорания протекает с нормальной скоростью, но смещается по времени и происходит при иных положениях поршня, чем при нормальном процессе.

Преждевременные вспышки возникают чаще всего при ненормальном температурном режиме двигателя, например перегреве головок цилиндров вследствие недостаточного охлаждения и т. д.

По своему характеру преждевременная вспышка имеет сходство со слишком ранним опережением зажигания.

При преждевременной вспышке (то же самое и при чрезмерном опережении зажигания) смесь воспламеняется в точке и горает до прихода поршня в ВМТ, при этом происходит значительное повышение давления, что обуславливает увеличение работы, затрачиваемой на сжатие, и весьма «жесткую» работу двигателя (со стуками). Работа же расширения при этом уменьшается в результате больших потерь тепла в стенки, происходящих из-за продолжительного пребывания в цилиндре газов, имеющих большую температуру.

## 2.8. Детонация

Детонацией называется такое сгорание смеси, которое происходит с очень большой скоростью, достигающей 1500—2000 м/сек, что соответствует скорости сгорания взрывчатых веществ.

Детонация происходит вследствие того, что при высоких температурах и давлениях в камере сгорания в несгоревшей части ТВС температура смеси повышается до температуры самовоспламенения ( $t_{c/b}$ ) и условия для горения возникают, практически, во всем объеме ТВС одновременно (см. п.2.3). Детонации способствует образование в ТВС нестойких химических соединений углеводородов топлива с кислородом воздуха, так называемых перекисей, которые повышают химическую активность ТВС.

Образование перекисей начинается еще во время такта сжатия, но особенно быстрое накопление их в смеси происходит после воспламенения, когда сгоревшая часть смеси, расширяясь, сжимает несгоревшую часть и повышает ее температуру (рис. 1-14). В этом случае в несгоревшей части смеси содержание перекисей может достигнуть высокой концентрации, при которой произойдет ее самовоспламенение, при этом пламя от места воспламенения будет распространяться со скоростью 1500÷2000 м/сек, т. е. начнется детонационное сгорание.

При незначительной концентрации перекисей детонация не наблюдается.

Наибольшее влияние на возникновение детонации оказывают следующие факторы:

- повышение давления и температуры ТВС в конце такта сжатия;
- величина коэффициента избытка воздуха смеси;
- сорт применяемого бензина.

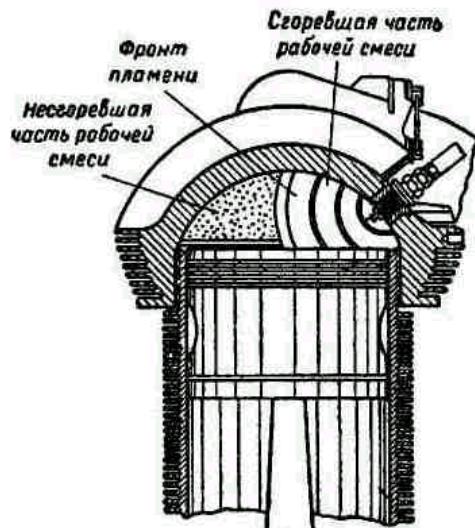


Рис. 1-14. Сгорание топливовоздушной смеси

Давление и температура смеси в конце процесса сжатия зависят от давления и температуры всасываемого воздуха и степени сжатия. Поэтому повышение давления и температуры всасываемого воздуха, а также повышение степени сжатия увеличивают склонность смеси к детонации. При большом давлении на впуске и малых числах оборотов двигателя возможность возникновения детонации возрастает. Способствует детонации и применение нагнетателей, т.к. последние значительно повышают давление и температуру смеси на впуске.

Состав смеси, на котором работает двигатель, сильно влияет на ее склонность к детонации. Обычно богатые смеси ( $\alpha = 0,6 \div 0,7$ ) значительно менее склонны к детонации, чем более бедные смеси ( $\alpha = 0,85 \div 0,95$ ).

Авиационные бензины различных марок в зависимости от способа их получения и сорта нефти, из которой они получены, обладают различной стойкостью по отношению к детонации.

Детонационная стойкость топлива оценивается его октановым числом, которое определяют испытанием топлива на специальном двигателе: чем больше октановое число топлива, тем выше его детонационная стойкость.

В современных авиационных (двигателях с нагнетателями должны применяться топлива с октановым числом не ниже 93÷95).

Основные признаки детонации следующие:

1. Из выхлопных патрубков двигателя периодически выбрасываются хлопки черного дыма. Чем сильнее детонация, тем чаще хлопки.
2. В цилиндрах двигателя слышен нерегулярный металлический стук (звон), получающийся в результате вибрации стенок цилиндра, вызываемой ударными волнами.
3. Нарушается устойчивая работа двигателя, появляется тряска.
4. Двигатель перегревается, что можно установить по повышению температуры масла, охлаждающей жидкости или головок цилиндров.

Для борьбы с детонацией применяются как профилактические меры, т. е. предотвращающие ее появление, так и меры, направленные на устранение уже возникшей детонации. Профилактические меры заключаются в следующем:

1. Не допускать перегрева двигателя при работе.
  2. Правильно (по продолжительности) использовать режимы максимальной мощности.
  3. Не допускать работы двигателя с большим давлением на запуске при малых оборотах.
  4. Применять только рекомендованное для данного двигателя топливо.
  5. Исключить работу двигателя с недопустимо большими углами опережения зажигания.
- В случае возникновения детонации в полете для ее прекращения необходимо принять следующие меры:
1. Облегчить режим работы двигателя, снизив подачу топлива.
  2. Понизить температуру двигателя путем более интенсивного охлаждения.
  3. Обогатить состав смеси (если есть ручной корректор).

### 3.ПРОЦЕСС ВПУСКА

#### 3.1.Назначение процесса впуска

Назначение процесса впуска состоит в заполнении рабочего объема цилиндра двигателя топливовоздушной смесью, содержащей химическую энергию, необходимую для получения работы.

При этом весьма важно заполнять цилиндр максимально возможным количеством смеси, так как это способствует получению наибольшей работы, а следовательно, и мощности при данном объеме цилиндров и частоте вращения коленвала.

В большинстве современных авиационных двигателей увеличение заряда смеси (воздуха) в цилиндре достигается при помощи нагнетателя. Питание двигателя топливовоздушной смесью, давление которой предварительно увеличено в нагнетателе до давления, превышающего атмосферное, называется наддувом.

Двигатели, не имеющие нагнетателя, принято называть двигателями с впуском из атмосферы.

В двигателях с карбюратором смесеобразование начинается в карбюраторе, продолжается во всасывающих трубопроводах и заканчивается в цилиндре двигателя. Для регулирования количества смеси, поступающей в двигатель, служит дроссельная заслонка, устанавливаемая между карбюратором и цилиндрами.

Регулировка качества топливовоздушной смеси, т. е. коэффициента избытка, осуществляется посредством специальных устройств, являющихся принадлежностью карбюратора.

Начало впуска топливовоздушной смеси обусловливается началом открытия клапана впуска (рис. 1-15). Последний в современных поршневых двигателях открывается с опережением (точка 1), т. е. в конце такта выпуска, до прихода поршня в ВМТ. Это объясняется, во-первых, стремлением увеличить заряд свежей смеси за счет большего открытия впускного клапана к началу такта впуска и, во-вторых, тем, что у двигателей с наддувом свежая смесь, имеющая большее давление, чем давление выпускных газов в цилиндре, начнет поступать в этот случае в конце такта выпуска и вытеснять из цилиндра продукты сгорания. Последнее называется продувкой камеры сгорания. В результате этой продувки очистка цилиндра от остаточных газов улучшается и заряд свежей смеси увеличивается.



Рис. 1-15. Процесс впуска:

1—момент открытия впускного клапана; 2—момент закрытия впускного клапана

Угол, на который поворачивается коленчатый вал за время от момента открытия впускного клапана до момента прихода поршня в ВМТ, называется углом опережения открытия впускного клапана. Этот угол подбирается опытным путем для каждого типа двигателя и обычно лежит в пределах  $15 \div 50^\circ$ . Для двигателя АШ-62ИР угол опережения открытия клапана впуска равен  $15 \div 25^\circ$ .

Свежая топливовоздушная смесь поступает в цилиндр под влиянием понижения давления в цилиндре, создающегося вследствие движения поршня от ВМТ к НМТ.

Понижение давления в цилиндре объясняется всасывающим действием поршня и сопротивлениями, которые встречают ТВС на своем пути при движении к цилиндуру (рис. 1-16).

Сопротивление при движении воздуха возникает в результате трения частиц воздуха друг о друга, о стенки впускного трубопровода, о впускной клапан, а также от удара частиц воздуха о стенки впускного трубопровода в местах его изгиба, о дроссельную заслонку и впускной клапан. Эти сопротивления называются гидравлическими.

Так как скорость движения воздуха во впускных трубопроводах и впускных клапанах цилиндров достаточно велика ( $40 \div 60 \text{ м/сек}$ ), то гидравлические сопротивления получаются значительными.

Если дроссельная заслонка прикрывается, проходное сечение для воздуха уменьшается, гидравлические сопротивления увеличиваются, и давление в цилиндре в конце такта впуска понижается до  $0,3 \div 0,5$  от давления на впуске.

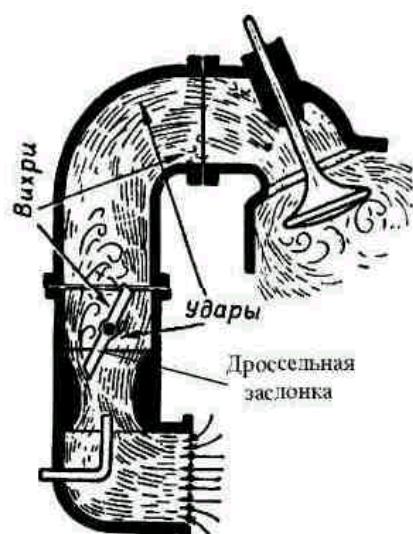


Рис. 1-16. Сопротивление движения ТВС на пути в цилиндр

Следует отметить, что смесь в двигателе с нагнетателем начинает поступать в цилиндр сразу же после открытия клапана впуска, так как давление смеси больше давления продуктов сгорания, оставшихся в цилиндре к концу выпуска (остаточных газов).

Давление остаточных газов при выпуске в атмосферу составляет обычно  $(1,05 \div 1,10)$  р<sub>0</sub>.

Температура свежей смеси в процессе впуска также изменяется. За счет испарения топлива температура смеси понижается. Вместе с тем, поступая в цилиндр, смесь нагревается в результате соприкосновения с нагретыми деталями двигателя (стенками головки и цилиндра, днищем поршня, клапанами) и смешения воздуха с остаточными газами, температура которых перед началом впуска достигает  $1000 \div 1100$  К. Вследствие указанных причин температура смеси в конце впуска составляет у двигателей с наполнением из атмосферы  $340 \div 360$  К., а у двигателей с нагнетателем  $380 \div 400$  К. Более высокие температуры, наблюдающиеся во втором случае, объясняются подогревом воздуха (смеси) при сжатии его в нагнетателе.

Окончание наполнения цилиндра смесью определяется моментом закрытия впускного клапана. Впускной клапан закрывается с запаздыванием (см. точку 2 на рис. 1-15), т. е. после прихода поршня в НМТ, в начале такта сжатия. Запаздывание закрытия впускного клапана увеличивает количество свежей смеси, поступающей в цилиндр. Это объясняется тем, что в течение процесса впуска смесь приобретает большую скорость и по инерции продолжает поступать в цилиндр, несмотря на изменение направления движения поршня. Кроме того, в начале такта сжатия в цилиндре еще имеется пониженное давление, что также способствует поступлению смеси.

Угол, на который поворачивается коленчатый вал, считая от момента прихода поршня в НМТ до момента закрытия впускного клапана, называется углом запаздывания закрытия впускного клапана. Этот угол для каждого типа двигателя подбирается опытным путем и составляет  $40 \div 65^\circ$ . Для двигателя АШ-62ИР угол запаздывания равен  $44^\circ$ .

Продолжительность процесса впуска, выраженная в градусах поворота коленчатого вала, значительно больше  $180^\circ$  и составляет, например, для двигателя АШ-62ИР  $239 \div 249^\circ$ . Продолжительность открытия клапана, выраженная в градусах поворота коленчатого вала, называется периодом или фазой открытия впускного клапана.

Опережение открытия впускного клапана и запаздывание его закрытия увеличивают продолжительность впуска смеси в цилиндр двигателя и способствуют повышению количества поступающей в него смеси.

### 3.2. Весовой заряд и коэффициент наполнения

Как мы уже отметили выше, мощность, развиваемая двигателем, в первую очередь зависит от количества топливовоздушной смеси, поступившей в цилиндр в такте впуска. Чем больше топливовоздушной смеси поступит в цилиндр двигателя, тем большую мощность разовьет двигатель.

Весовым зарядом цилиндра называют весовое количество топливовоздушной смеси, поступившей в цилиндр за время такта впуска и оставшееся в цилиндре к моменту закрытия клапанов впуска.

Различают теоретический весовой заряд и действительный весовой заряд смеси.

Под теоретическим весовым зарядом смеси  $q_T$  понимают заряд, который может поместиться в рабочем объеме цилиндра при давлении и температуре, равных давлению и температуре на впуске в цилиндр двигателя.

$$q_T = \gamma_k \cdot V_h,$$

где  $\gamma_k$  — удельный вес ТВС на впуске в цилиндр двигателя.

Под действительным весовым зарядом  $q_d$  понимают заряд, который в действительности поступил в цилиндр и остался в нем.

В двигателях с впуском из атмосферы действительный весовой заряд получается всегда на 10—15% меньше теоретического. Это происходит за счет гидравлических потерь во впускных трубопроводах, влияния остаточных газов и нагрева смеси от стенок в процессе впуска.

В двигателях с нагнетателем теоретический и действительный весовые заряды возрастают за счет увеличения плотности смеси на впуске. В этом случае действительный весовой заряд может быть я больше теоретического весового заряда. Объясняется это тем, что давление остаточных газов в камере сгорания меньше давления наддува и, следовательно, после открытия впускного клапана некоторое количество смеси может поступить в нее за счет сжатия остаточных газов до давления, существующего на впуске.

Отношение действительного весового заряда смеси к теоретическому называется коэффициентом наполнения и обозначается  $\eta_v$ .

$$\eta_v = \frac{q_d}{q_T}.$$

Отсюда действительный весовой заряд равен

$$q_d = \eta_v \cdot q_T = \eta_v \cdot \gamma_k \cdot V_h$$

Величина коэффициента наполнения характеризует степень заполнения цилиндров двигателя топливовоздушной смесью.

Для двигателей с впуском из атмосферы коэффициент наполнения составляет  $\eta_v = 0,85 \div 0,90$ .

Для двигателя с нагнетателем коэффициент наполнения может быть больше единицы и достигает величин  $\eta_v = 1,10 \div 1,12$ .

Увеличить действительный весовой заряд цилиндра можно, как это видно из уравнения, путем увеличения плотности ТВС на впуске и увеличения коэффициента наполнения.

Так как удельный вес прямо пропорционален давлению и обратно пропорционален температуре, если мы будем снижать температуру ТВС и увеличивать наддув, то этим самым будем увеличивать его удельный вес, а следовательно, и весовой заряд цилиндра. У некоторых двигателей с нагнетателями для охлаждения воздуха на выходе из нагнетателя устанавливают радиаторы, которые позволяют при том же давлении наддува получить более значительный удельный вес воздуха.

Коэффициент наполнения можно увеличить правильным выбором фаз газораспределения (моментов открытия и закрытия впускного клапана), уменьшением гидравлических потерь путем увеличения проходных сечений трубопроводов и придания им плавных переходов, а также увеличением проходного сечения во впускном клапане.

### 3.3. Графическое изображение процесса впуска

Схематическое изображение процесса впуска для двигателя без нагнетателя и двигателя с нагнетателем в координатах  $p$ — $V$  показано на рис. 1-17, а и б.

Точка 1 характеризует момент открытия, а точка 2 — момент закрытия впускного клапана. Линия «1-г-а-2» показывает изменение давления ТВС в цилиндре в процессе впуска.

Для двигателя без нагнетателя линия впуска расположена ниже линии атмосферного давления  $p_0$ , а для двигателя с нагнетателем — выше нее, вследствие наддува, создаваемого нагнетателем.

Рассмотрим работу, совершающуюся поршнем за период впуска.

У двигателя без нагнетателя поршень при движении от ВМТ к НМТ должен преодолеть противодействующую силу, направленную по оси цилиндра к ВМТ и возникающую вследствие создавшейся разности давлений ( $p_o - p_a$ ). атмосферного давления  $p_o$  (в картере) и пониженного давления в цилиндре  $p_a$ . Эта противодействующая сила равна произведению разности давлений  $p_o - p_a$  на площадь поршня  $F$  т. е.

$$P = (p_o - p_a) \cdot F.$$

Работа, совершающаяся поршнем при движении от ВМТ к НМТ, будет равна

$$L_{BП} = P \cdot S = (p_o - p_a) \cdot S \cdot F.$$

так как  $F \cdot S = V_h$ ,

то  $L_{BП} = (p_o - p_a) \cdot V_h$ .

Этой работе соответствует заштрихованная площадь на рисунке 1-17, а с высотой  $p_o - p_a$  и длиной  $V_h$ .

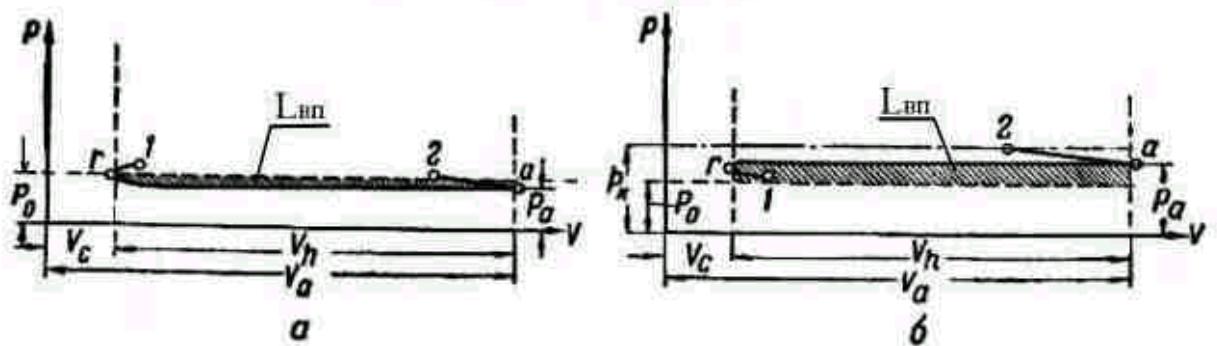


Рис. 1-17. Графическое изображение процесса впуска:  
а — двигатель без нагнетателя; б — двигатель с нагнетателем

В двигателе с нагнетателем (рис. 1-17, б) давление в цилиндре во время впуска больше, чем давление в картере. Поэтому при движении поршня от ВМТ к НМТ на него будет действовать сила, направленная к НМТ и равная

$$P = (p_a - p_o) \cdot F.$$

Эта сила будет способствовать вращению коленчатого вала и, таким образом, совершать положительную работу. Этой работе соответствует на рис. 1-17, б заштрихованная площадь, равная

$$L_{BП} = P \cdot S = (p_a - p_o) \cdot S \cdot F = (p_a - p_o) \cdot V_h.$$

Таким образом, в двигателе с впуском из атмосферы от коленчатого вала отнимается работа на

осуществление процесса впуска, тогда как в двигателе с нагнетателем коленчатому валу сообщается дополнительная работа за счет избыточного давления, создаваемого нагнетателем.

## 4. ПРОЦЕСС СЖАТИЯ

### 4.1. Назначение процесса сжатия

Основное назначение процесса сжатия состоит в том, чтобы создать возможность лучшего использования тепла и получения большей работы газов во время процесса расширения.

Вследствие сжатия смеси создаются следующие благоприятные условия для ее сгорания:

1. Сжатая смесь занимает меньший объем, ввиду этого требуется меньше времени для распространения пламени (после поджигания смеет искрой) по всему объему смеси.

2. При сжатии температура смеси значительно повышается, что увеличивает скорость сгорания, и, следовательно, уменьшается время, в течение которого происходит процесс сгорания.

Условно считают, что процесс сжатия начинается в НМТ и заканчивается в ВМТ.

В процессе сжатия поршень движется в направлении к ВМТ, при этом оба клапана — впускной и выпускной — закрыты.

Во время сжатия увеличение давления происходит не только за счет уменьшения объема цилиндра при движении поршня к ВМТ, но и за счет увеличения температуры смеси.

Температура при сжатии возрастает примерно в 1,7 — 1,9 раза. Поэтому давление газов в конце такта сжатия возрастает пропорционально произведению степени сжатия на повышение температуры, т. е. примерно в 8,5 раза при  $\epsilon=5,0$  и в 13 раз при  $\epsilon=7,0$ .

Значения давлений и температур в конце такта сжатия составляют:  $p_c = 10 \div 20 \text{ кг/см}^2$  и  $T_c = 650 \div 780 \text{ К}$ , для двигателя АШ-62ИР  $p_c = 20 \text{ кгс/см}^2$  и  $t_c = 500^\circ\text{C}$

Если двигатель дросселировать, т.е. прикрывать дроссельную заслонку, то давление  $p_c$  понизится из-за уменьшения давления  $p_a$  в конце впуска.

### 4.2. Графическое изображение процесса сжатия

На рис. 1-18 показано изменение давления и объема смеси во время процесса сжатия для двигателя с впуском из атмосферы.

Сжатие начинается в точке «*a*» и заканчивается в точке «*c*». Точка «*c*» характеризует давление и объем в конце такта сжатия. Линия «*a-2-c*» показывает изменение давления и объема смеси в такте сжатия.

Для сжатия смеси необходимо затратить определенную работу. Величина работы, затраченной на сжатие, показана заштрихованной площадью. Эту работу условно можно разбить на две составные части: на участке «*a-2*» и на участке «*2-c*».

На участке «*a-2*» давление в цилиндре меньше атмосферного, которое действует на поршень со стороны картера двигателя, поэтому на поршень действует сила, помогающая движению поршня. Следовательно, работа сжатия на этом участке положительная ( $> 0$ ), т.е. коленчатому валу сообщается дополнительная работа.

На участке «*2-c*» давление в цилиндре больше атмосферного, следовательно, перепад давлений препятствует движению поршня. Поэтому, работа сжатия на этом участке отрицательна ( $< 0$ ), т.е. от коленчатого вала отнимается работа на осуществление процесса сжатия.

Численно работа сжатия на участке «*2-c*» значительно больше, чем на участке «*a-2*», поэтому суммарная работа процесса сжатия ТВС отрицательна.

В двигателе с нагнетателем вследствие того, что давление впуска выше, линия процесса сжатия будет расположена выше линии процесса сжатия двигателя без нагнетателя.

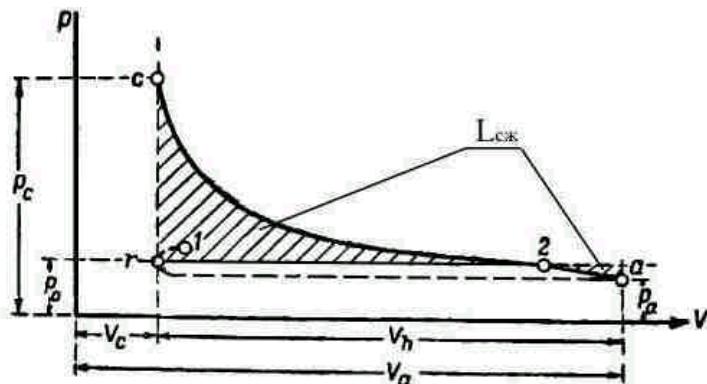


Рис. 1-18. Графическое изображение процесса сжатия для двигателя с впуском из атмосферы

#### **4.3.Преимущества и недостатки высоких степеней сжатия**

При увеличении степени сжатия увеличивается и степень расширения газов, а следовательно, и работа, совершаемая ими во время рабочего хода. Поэтому при увеличении степени сжатия возрастает работа, совершаемая газами за цикл, а следовательно, и мощность двигателя. При этом расход топлива на 1 л.с. уменьшается, т. е. увеличивается экономичность двигателя.

Таким образом, с точки зрения повышения мощности двигателя и особенно его экономичности степень сжатия двигателя желательно увеличивать. Вместе с тем, увеличение степени сжатия ведет к увеличению удельного веса двигателя, так как вследствие сильного возрастания максимальных давлений в цилиндре детали приходится делать более массивными для придания им необходимой прочности (например, при увеличении степени сжатия от 6 до 7 мощность двигателя возрастает примерно на 6 %, а максимальное давление в цилиндре приблизительно на 20%), и к увеличению возможности возникновения детонации топливовоздушной смеси, вследствие чего работа двигателя становится возможной только на специальном высокооктановом топливе. Поэтому в авиационных двигателях степень сжатия обычно не превышает  $7,0 \div 7,5$  (АШ-62ИР —  $6,4 \pm 0,1$ ).

### **5.ПРОЦЕСС РАСШИРЕНИЯ**

#### **5.1.Назначение процесса расширения**

Назначение процесса расширения состоит в том, чтобы преобразовать выделяющееся при сгорании топливовоздушной смеси тепло в механическую работу.

Это преобразование тепла в механическую работу происходит в течение всего такта расширения.

За начало процесса расширения условно принимается момент, соответствующий положению поршня в ВМТ. Окончание процесса сгорания условно считается в точке «z» (рис.1-19) при положении поршня, соответствующем  $10 \div 15^\circ$  поворота коленчатого вала после ВМТ. При этом температура и давление газов достигают наибольших значений ( $T_z = 2500 \div 2600$  К,  $p_z = 50 \div 80$  кг/см<sup>2</sup>). По мере движения поршня к НМТ температура и давление газов падают. Окончанием процесса расширения считается момент достижения поршня НМТ (точка «b»).

При существующих размерах цилиндров этим максимальным давлениям соответствует сила в  $10000 \div 15000$  кгс, действующая на поршень в направлении к НМТ. Под действием силы давления газов поршень, соединенный с шатуном, перемещается к НМТ и приводит во вращение коленчатый вал и воздушный винт.

В конце процесса расширения давление газов составляет  $4 \div 10$  кгс/см<sup>2</sup>, а температура —  $1500 \div 1900$  К. Уменьшение температуры газов объясняется расходованием тепла на совершение работы передвижения поршня и наличием теплообмена между газами и стенками цилиндров.

Таким образом, только во время такта расширения газы совершают положительную работу, перемещая поршень в направлении действия силы давления газов. Поэтому торт расширения называют, как мы уже говорили, также рабочим ходом двигателя.

Остальные такты (впуск, сжатие, выпуск) являются вспомогательными (подготовительными). Для осуществления их необходимо приложить к коленчатому валу усилие извне (кроме такта впуска в двигателе с нагнетателем). В многоцилиндровых двигателях эти такты совершаются за счет рабочих ходов других цилиндров и инерции вращающихся частей двигателя.

#### **5.2.Графическое изображение процесса расширения**

На рис. 1-19 показан график изменения давления и объема газов в цилиндре в процессе расширения — сплошная линия.

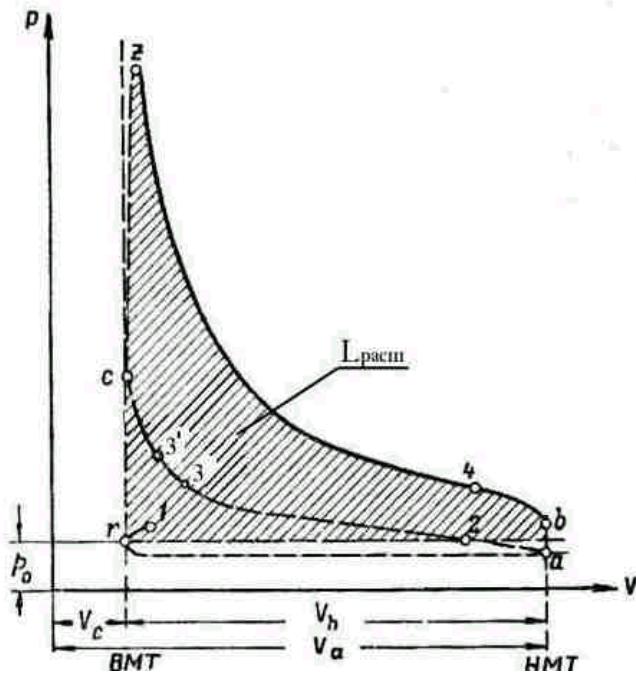


Рис.1-19. Графическое изображение процесса расширения (zb—процесс расширения)  
3—подача напряжения на свечи зажигания; 3'—начало второй фазы горения;

Точка «z» характеризует собой окончание второй фазы горения и начало процесса расширения; точка b—окончание процесса расширения; точка 4—момент открытия выпускного клапана.

Работа Lрасш, совершаемая газами в такте расширения, графически изображена на рис. 1-17 заштрихованной площадью.

## 6. ПРОЦЕСС ВЫПУСКА

### 6.1. Назначение процесса выпуска

Назначение процесса выпуска состоит в том, чтобы очистить цилиндр от продуктов сгорания и подготовить его для очередного впуска смеси.

Чем меньше продуктов сгорания останется в цилиндре после процесса выпуска, тем больше будет действительный весовой заряд цилиндра и, следовательно, мощность двигателя.

Процесс выпуска начинается с момента открытия клапана выпуска и заканчивается в момент закрытия его.

Наиболее эффективная очистка цилиндра от продуктов сгорания происходит при открытии клапана выпуска в тот момент, когда поршень в такте расширения не дойдет до НМТ на  $40\div75^\circ$  (АШ-62ИР— $74^\circ$ ) по углу поворота коленчатого вала (см. т.4 рис. 1-19). В этом случае к моменту прихода поршня в НМТ значительная часть продуктов сгорания будет удалена из цилиндра через клапан выпуска под действием избыточного давления внутри цилиндра.

При опережении открытия выпускного клапана снижается также давление в цилиндре к концу такта расширения, вследствие чего при движении поршня к ВМТ во время такта выпуска он будет встречать меньшее противодавление газов, что уменьшит затрату мощности двигателя на выталкивание продуктов сгорания.

Клапан выпуска закрывают в тот момент, когда поршень пройдет ВМТ на  $15\div50^\circ$  (АШ-62ИР— $25\div35^\circ$ ) по углу поворота коленчатого вала. Такое запаздывание закрытия клапана выпуска диктуется тем, что к приходу поршня в ВМТ в конце такта выпуска скорость уходящих из цилиндра продуктов сгорания весьма значительна; следовательно, очистка цилиндра благодаря инерции газов может продолжаться и после прихода поршня в ВМТ.

Удалить все продукты сгорания из цилиндра не представляется возможным. Часть продуктов сгорания остается в камере сгорания к началу впуска.

Как уже указывалось, давление остаточных газов составляет  $(1,05\div1,10) p_0$ , а температура  $1000\div1100$  К.

Так как клапан выпуска открывается до прихода поршня в НМТ в такте расширения, а закрывается после прихода поршня в ВМТ в такте впуска, то продолжительность процесса выпуска всегда больше  $180^\circ$  угла поворота коленвала (АШ-62ИР— $279\div289^\circ$ ).

В процессе выпуска вследствие высокой температуры остаточных газов до  $50\div60\%$  тепла, внесенного в двигатель топливом, уносится с отходящими газами.

## 6.2.Графическое изображение процесса выпуска

На рис. 1-20 показано изменение давления газов в процессе выпуска (сплошная линия 4-b-1-r-5). Точка 4 соответствует началу процесса выпуска, а точка 5 — его окончанию. Как и в такте впуска, работа, затраченная на выталкивание продуктов сгорания в такте выпуска, выражается площадью, заключенной между линией выпуска и линией атмосферного давления (заштрихованная площадь на рис. 1-20).

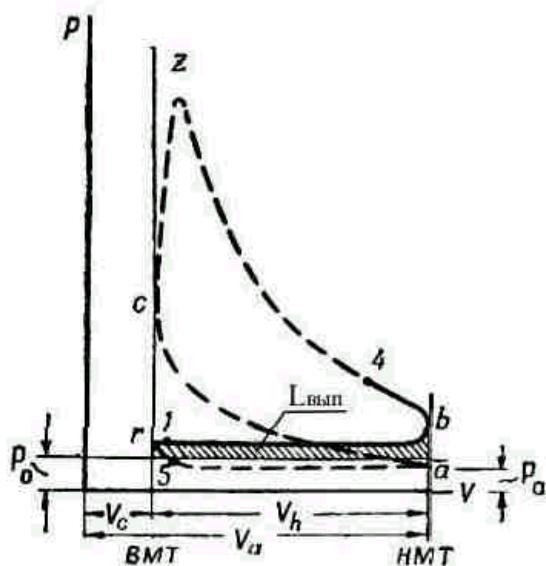


Рис. 1-20. Графическое изображение процесса выпуска

## 6.3.Перекрытие клапанов

Клапан впуска открывается до ВМТ в такте выпуска, а клапан выпуска закрывается после ВМТ в такте выпуска. Следовательно, в течение некоторого угла поворота коленчатого вала оба клапана остаются открытыми.

Этот период называют перекрытием клапанов, а угол, на который повернется коленчатый вал за этот период, — углом перекрытия клапанов. Обозначают этот угол  $\beta_n$ . В авиационных двигателях угол перекрытия клапанов лежит в пределах  $30\div120^\circ$  угла поворота коленвала (АШ-62ИР —  $40\div60^\circ$ ).

Перекрытие клапанов обеспечивает возможность продувки камеры сгорания. Продувка дает более полную очистку цилиндра от остаточных газов, что приводит к увеличению весового заряда цилиндров, а следовательно, и мощности, развиваемой двигателем. Повышение мощности за счет продувки составляет до  $8\div10\%$ .

## 7.ДИАГРАММА ГАЗОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДВИГАТЕЛЯ

Моменты открытия и закрытия клапанов, их перекрытие, продолжительность отдельных процессов и наивыгоднейший момент опережения зажигания принято представлять или в форме диаграммы, называемой диаграммой газораспределения (рис.1-21) или в табличной форме (табл.2). Назначение диаграммы или таблицы газораспределения состоит в том, чтобы облегчить регулировку газораспределения двигателя в эксплуатирующих организациях.

Диаграмма газораспределения изображается как спирально расположенная лента, на которой условно обозначены все процессы четырехтактного двигателя. Обозначение начала и окончания процессов соответствует углу поворота коленвала двигателя, поэтому суммарный угол спирали несколько превышает  $720^\circ$ .

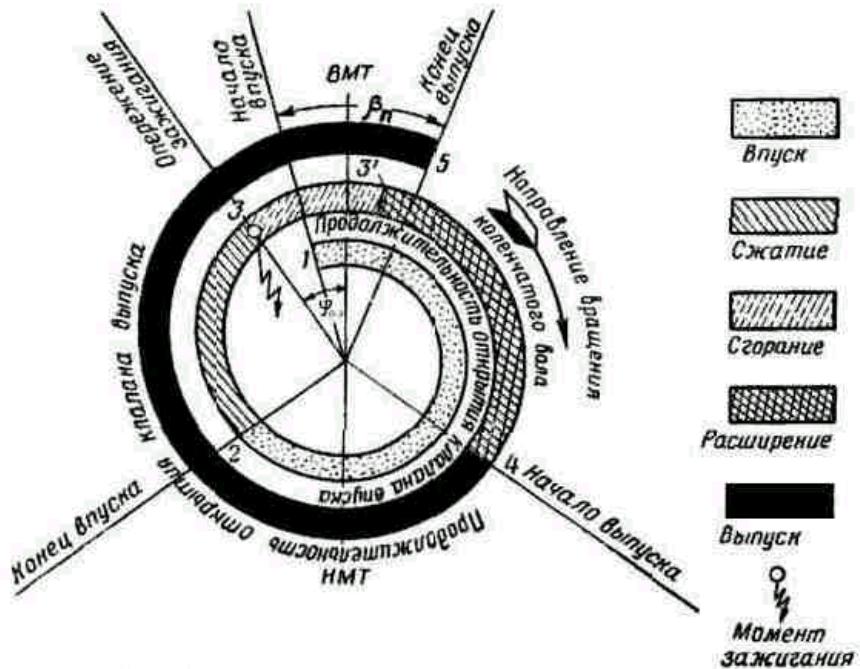


Рис. 1-21. Диаграмма газораспределения поршневого двигателя:

1—момент открытия клапана впуска; 2—момент закрытия клапана впуска; 3—момент зажигания (подачи напряжения на свечу); 3'—конец роста давления в цилиндре; 4—момент открытия клапана выпуска; 5—момент закрытия клапана выпуска;  
 1-2—процесс впуска; 2-3—процесс сжатия; 3-3'—процесс сгорания; 3'-4—процесс расширения; 4-5—процесс выпуска;  $\phi_0$ —угол опережения зажигания;  $\beta_{п}$ —угол перекрытия клапанов

Таблица газораспределения двигателя АШ-62ИР

Таблица 2.

Наименование	Угол поворота коленвала в градусах
Начало открытия клапана впуска, до ВМТ	15÷25
Конец закрытия клапана впуска, после НМТ	44
Продолжительность процесса впуска	239÷249
Начало выпуска, до НМТ	74
Конец выпуска, после ВМТ	25÷35
Продолжительность процесса выпуска	279÷289
Перекрытие клапанов	40÷60
Угол опережения зажигания , до ВМТ	15÷20

## 8. ИНДИКАТОРНАЯ ДИАГРАММА ДВИГАТЕЛЯ

### 8.1. Общие сведения об индикаторной диаграмме

Как уже было сказано выше (см. п.1.4), рабочим циклом называется совокупность циклически повторяющихся термодинамических процессов в цилиндре поршневого двигателя. Там же была приведена индикаторная диаграмма идеального рабочего цикла двигателя (рис.1-7). В дальнейшем было показано (см.пп.2÷6), что действительный рабочий цикл в значительной степени отличается от идеального, поэтому будут отличаться и индикаторные диаграммы идеального и действительного рабочих циклов. В теории двигателей индикаторную диаграмму действительного рабочего цикла для упрощения называют индикаторной диаграммой двигателя.

Индикаторная диаграмма снимается с работающего двигателя при помощи специального прибора-индикатора. Кроме того, в достаточной степени точности индикаторную диаграмму можно построить, выполнив тепловой расчет двигателя.

Индикаторная диаграмма дает возможность определить мощность, получаемую от газов в цилиндре, а также дает точное представление о правильности газораспределения и моменте воспламенения смеси, о сгорании смеси, сжатии, расширении, о влиянии впускной и выпускной систем на работу двигателя.

## 8.2.Индикаторная диаграмма при работе двигателя на повышенном режиме

При работе двигателя на повышенном режиме дроссельная заслонка (см. рис.1-16) находится в открытом положении, при котором площадь проходного сечения канала подвода ТВС в цилиндре велика. При таком положении заслонки сопротивление движению ТВС незначительно и давление трубопроводе перед впускным клапаном мало отличается от давления, создаваемого нагнетателем, при его наличии, или от атмосферного давления, при впуске из атмосферы. Так как определенное сопротивление движению ТВС создает сам впускной клапан, то давление в цилиндре в такте впуска будет несколько меньше, чем давление перед впускным клапаном. Для двигателя с нагнетателем в такте впуска  $p < p_k$ ; для двигателя с впуском из атмосферы  $p < p_0$ .

На рис. 1-22 схематически представлены индикаторные диаграммы двигателя без нагнетателя (а) и с нагнетателем (б). Цифрами обозначены:

- 1— момент открытия клапана впуска;
- 2— момент закрытия клапана впуска;
- 3— момент образования искры в цилиндре;
- 4— момент открытия клапана выпуска;
- 5— момент закрытия клапана выпуска.

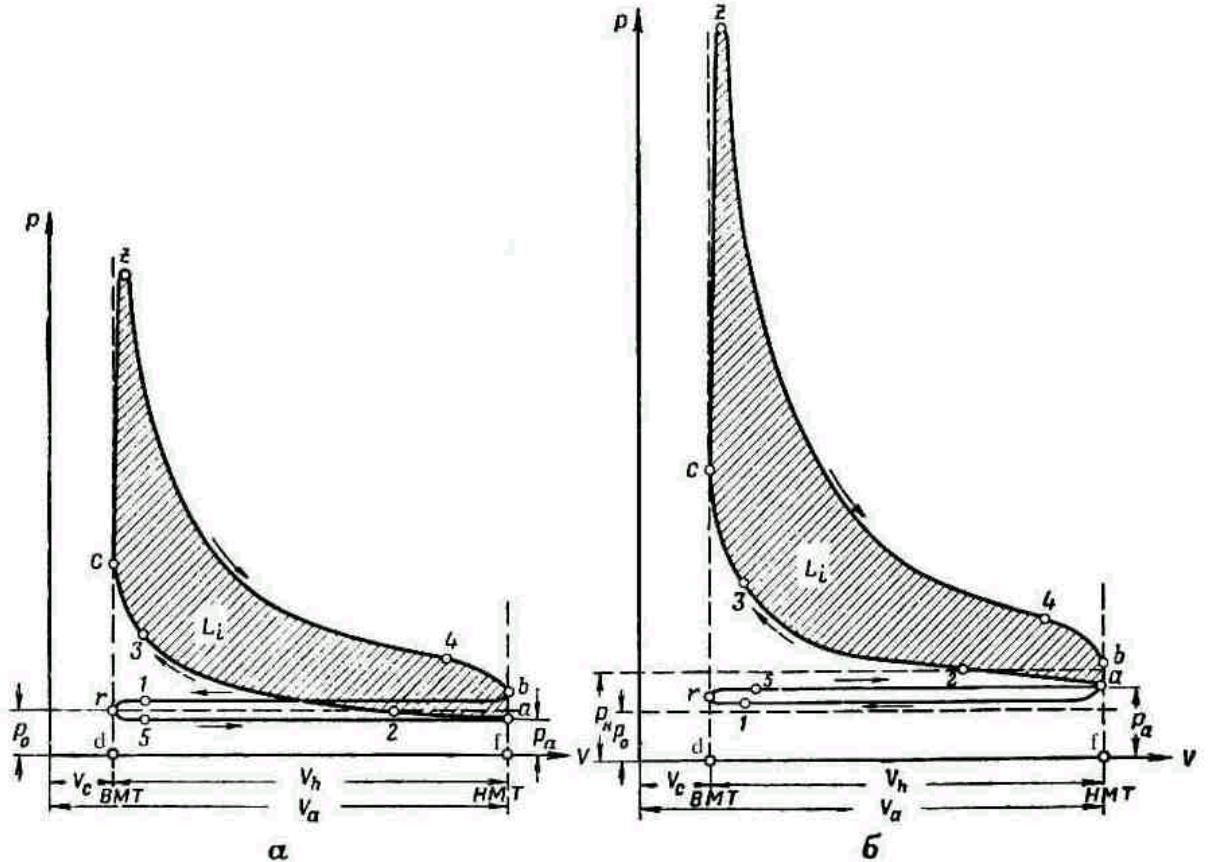


Рис. 1-22. Индикаторная диаграмма двигателя:  
а — двигатель без нагнетателя; б — двигатель с нагнетателем

Линии на диаграмме соответствуют:

- линия 1-r-5-a-2 — изменению объема и давления в цилиндре в течение процесса впуска;
- линия 2-3 — изменению объема и давления в течение процесса сжатия;
- линия 3-c-z — изменению объема и давления в течение процесса горения;
- линия z-4 — изменению объема и давления в процессе расширения;
- линия 4-b-1-r-5 — изменению объема и давления в цилиндре в течение процесса выпуска.

Различие между индикаторной диаграммой двигателя без нагнетателя и индикаторной диаграммой двигателя с нагнетателем состоит в том, что во втором случае давление в цилиндре в процессе впуска выше атмосферного и выше давления в цилиндре во время выпуска. Поэтому линия r-5-a на диаграмме (рис. 1-22, б) расположена выше линии выпуска b-1-r.

## 8.3.Особенности индикаторной диаграммы при работе двигателя на пониженном режиме

При работе двигателя на пониженном режиме дроссельная заслонка (см. рис.1-16) находится в таком положении, при котором площадь проходного сечения канала подвода ТВС в цилиндре минимальна. При этом сопротивление движению ТВС значительно возрастает и давление на входе в цилиндр, даже при наличии нагнетателя, снижается до величины менее атмосферного ( $p_k < p_0$ ). В этом случае индикаторная диаграмма на

участке впуска-выпуска примет вид, показанный на рисунке 1-23. Обозначение одноименных точек на рис. 1-22 и 1-23 аналогично.

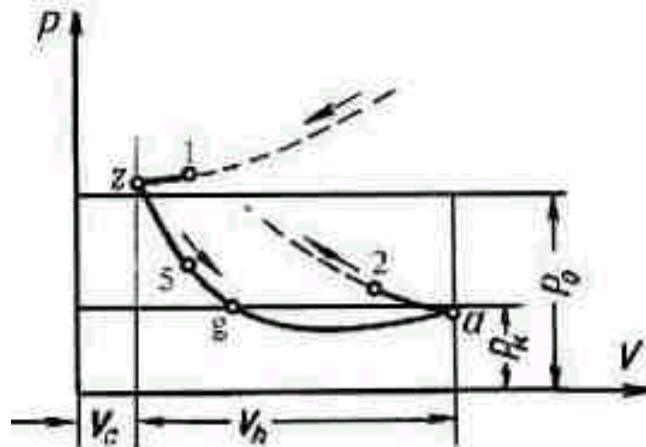


Рис. 1-23. Индикаторная диаграмма на участке впуска-выпуска при работе двигателя с нагнетателем на пониженном режиме

Из рис. 1-23 видно, что давление в цилиндре на участках 1- $r$ -5- $g$  и  $a$ -2 больше чем давление ТВС на входе в цилиндр ( $p_k$ ). Поэтому на этих участках при открытом клапане впуска ТВС в цилинды поступать не будет, наоборот, продукты сгорания будут стремиться попасть во впускной трубопровод.

Кроме того, давление в цилиндре продолжительное время остается меньше атмосферного. Это препятствует удалению из цилиндра в атмосферу продуктов сгорания.

Из сказанного можно сделать вывод: при понижении режима работы двигателя происходит резкое снижение весового заряда смеси и, следовательно, мощности двигателя. Поэтому при работе двигателя на пониженном режиме для поддержания его устойчивой работы в цилинды двигателя необходимо подавать обогащенную топливовоздушную смесь.

## 9. РАБОТА ЦИКЛА

В теории авиадвигателей принято рассматривать отдельно работу, совершающую газами, за такты впуска и выпуска и за такты сжатия и расширения. То есть, также как для идеального цикла (см. п.1.4), можно записать:

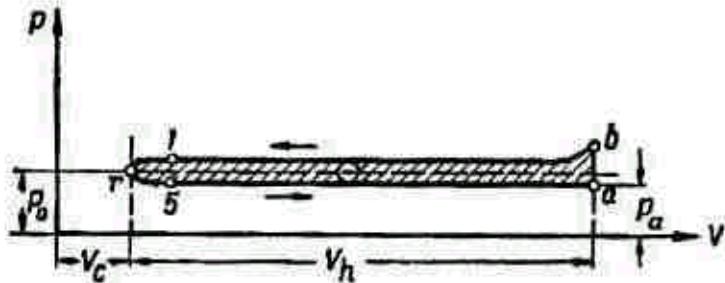
$$L_{\text{Ц}} = L_{\text{вп}} + L_{\text{сж}} + L_{\text{расш}} + L_{\text{вып}},$$

Работа, совершенная газами за такты впуска ( $L_{\text{вп}}$ ) и выпуска ( $L_{\text{вып}}$ ) (см. пп.3.3 и 6.2), носит название насосной работы. Работа, полученная от газов за такты сжатия ( $L_{\text{сж}}$ ) и расширения ( $L_{\text{расш}}$ ), называется индикаторной работой цикла.

### 9.1. Насосная работа

Величина насосной работы зависит от сопротивлений на впуске и выпуске, а ее знак от того соотношения, которое существует между давлением на впуске двигателя и давлением на выпуске, т. е. от того, имеет ли двигатель нагнетатель или нет.

На рис. 1-24 и 1-25 даны диаграммы насосных ходов, перенесенные с рис. 1-22 *а* и *б*. Рис. 1-24 соответствует работе двигателя без нагнетателя (с впуском из атмосферы), а рис. 1-25 — работе двигателя с нагнетателем (с наддувом). Заштрихованные площади этих диаграмм представляют собой (в масштабе) работу насосных ходов. Сравнивая между собой эти диаграммы, мы видим, что работа насосных ходов в обоих случаях получается различной.



Гис. 1- 24. График работы насосных ходов двигателя без нагнетателя

В двигателе без нагнетателя (рис.1-24) избыточное (против атмосферного) давление газов на поршень направлено в течение тактов впуска и выпуска против его движения (направление движения поршня показано

на рисунках стрелками). Поэтому для перемещения поршня необходимо затрачивать работу, подводя ее к валу двигателя извне (например, от других цилиндров). Насосная работа в этом случае будет отрицательной.

В двигателе с нагнетателем (рис. 1-25) работа, затрачиваемая на выпуск, точно так же остается отрицательной. Что касается работы впуска, то так как давление в цилиндре больше давления окружающей среды за счет наддува ( $p > p_0$ ), избыточное давление на поршень будет направлено в сторону движения поршня и работа впуска будет положительной, т. е. газы в цилиндре будут передавать некоторую работу поршню. В результате работа насосных ходов будет положительной, т. е. газы в цилиндре за такты впуска и выпуска передадут поршню некоторую работу, величина которой соответствует на рис. 1-25 заштрихованная площадь. В теории авиадвигателей принято относить работу насосных ходов к механическим потерям двигателя. Это делается потому, что практически механические потери (потери на трение) чаще всего определяют путем прокрутки прогретого двигателя от электромотора. При таком способе испытания в мощность, затрачиваемую на прокрутку, естественно, включается и мощность, затрачиваемая на впуск и выпуск воздуха из двигателя, т. е. мощность насосных ходов.

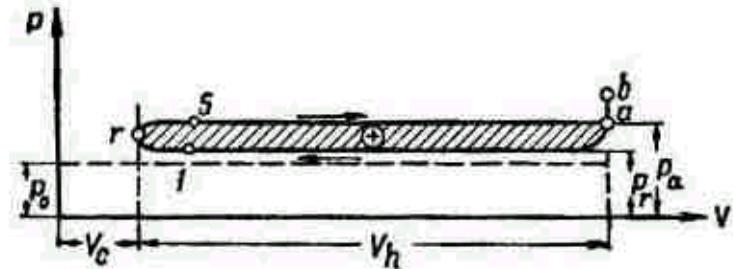


Рис. 1- 25. График работы насосных ходов двигателя с нагнетателем

Очевидно, что при положительной работе насосных ходов механические потери двигателя должны соответственно уменьшиться.

Величине абсолютной работы, затрачиваемой па сжатие, соответствует (рис. 1-22) площадь  $f-a-c-d$ , а работы, получаемой при расширении, — площадь  $d-c-z-b-f$ .

Разность между величиной работы расширения и работы сжатия представляет собой полезную работу, совершаемую газами за такты сжатия и расширения. Эта работа передается от газов поршню и далее через кривошипно-шатунный механизм коленчатому валу двигателя.

## 9.2.Индикаторная работа цикла

Работа, полученная от газов за такты сжатия и расширения, называется индикаторной работой цикла и обозначается  $L_i$ . Величине этой работы на рис. 1-22,а и б соответствуют заштрихованные площади  $c-z-b-a-c$ . Как видно из рис. 1-22, величина индикаторной работы для двигателя с наддувом больше, чем для двигателя со впуском из атмосферы. Это объясняется увеличением при наддуве весового заряда цилиндра.

Индикаторная диаграмма, построенная для тактов сжатия и расширения, обычно называется диаграммой действительного цикла. Такая диаграмма приведена на рис. 1-26.

Использовать диаграмму действительного цикла двигателя для расчета индикаторной работы цикла затруднительно, т.к. сложно рассчитать площадь фигуры внутри замкнутой линии  $a-c-z-b-a$ . Поэтому для упрощения расчетов вводится понятие «среднее индикаторное давление».

## 9.3.Среднее индикаторное давление

Среднее индикаторное давление представляет собой такое условное постоянное давление, действующее на поршень, которое в течение хода расширения, совершает работу, равную работе газов за ходы сжатия и расширения действительного цикла (т. е. равную индикаторной работе).

Обозначим через  $p_i$  среднее индикаторное давление в цилиндре двигателя;  $F$  — площадь поршня;  $S$  — ход поршня.

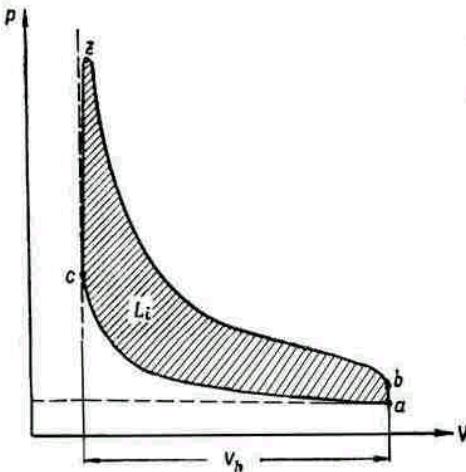


Рис. 1-26. Диаграмма действительного цикла двигателя

Тогда полная сила от давления газов, действующая на поршень, будет равна произведению среднего индикаторного давления на площадь поршня, т. е.  $p_i \cdot F$ .

Индикаторная работа  $L_i$ , совершенная газами при перемещении поршня от верхней мертвой точки до нижней мертвой точки, будет равна произведению постоянной силы, действующей на поршень, на путь, равный ходу поршня  $S$ , т. е.

$$L_i = P_i \cdot F \cdot S.$$

Произведение площади поршня на его ход равно рабочему объему цилиндра  $F \cdot S = V_h$ . Следовательно,

$$L_i = P_i \cdot V_h.$$

Величина среднего индикаторного давления может быть выражена геометрически как высота прямоугольника, равновеликого по площади индикаторной диаграмме и имеющего основание, равное рабочему объему  $V_h$ .

На рис. 1-27 площадь индикаторной диаграммы  $aczba$  представляет собой работу, переданную газами поршню за такты сжатия и расширения, а равный ей по площади прямоугольник с основанием  $V_h$  имеет высоту  $p_i$ , выражющую в соответствующем масштабе среднее индикаторное давление.

Зная среднее индикаторное давление и рабочий объем цилиндра можно легко рассчитать индикаторную работу цикла. Величина среднего индикаторного давления ( $p_i$ ) определяется при проектировании двигателя.

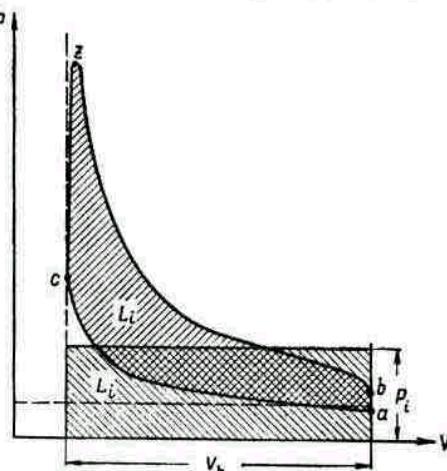


Рис. 1-27. Графическое определение среднего индикаторного давления

## ГЛАВА 2. ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ И ХАРАКТЕРИСТИКИ АВИАЦИОННЫХ ПОРШНЕВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ДВИГАТЕЛЕ АШ-62ИР

### 1. ИНДИКАТОРНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ДВИГАТЕЛЯ

#### 1.1. Индикаторная мощность

Индикаторной мощностью называется мощность, развиваемая газами внутри цилиндра двигателя и передаваемая поршню за такты сжатия и расширения. Обозначается она  $N_i$ . Так как мощность представляет собой работу, совершенную в единицу времени (в 1 секунду), то для того чтобы подсчитать мощность, следует умножить индикаторную работу за один цикл  $L_i$  на число циклов в одну секунду.

У четырехтактного двигателя рабочий цикл завершается за два оборота коленчатого вала, и, следовательно, если двигатель делает  $n$  оборотов в минуту, то число циклов в секунду будет равно  $\frac{n}{2 \cdot 60}$ .

Отсюда мощность, развиваемая в одном цилиндре, будет равна  $\frac{L_i \cdot n}{2 \cdot 60}$ .

Для получения индикаторной мощности всего двигателя следует умножить мощность, развиваемую в одном цилиндре, на число  $i$  цилиндров:

$$N_i = \frac{L_i \cdot i \cdot n}{2 \cdot 60}$$

Так как, индикаторная работа одного цилиндра равна  $L_i = p_i \cdot V_h$ , то можем записать:

$$N_i = \frac{p_i \cdot V_h \cdot i \cdot n}{2 \cdot 60}.$$

Для определения индикаторной мощности в лошадиных силах, применив переводные коэффициенты, получим:

$$N_i = \frac{p_i \cdot V_h \cdot i \cdot n}{900} \text{ л.с.}$$

Где:  $p_i$  — среднее индикаторное давление в  $\text{kgs/cm}^2$ ;

$V_h$  — рабочий объем цилиндра в  $\text{dm}^3$ .

$N$  — частота вращения коленвала двигателя в  $\text{об/мин.}$

Для существующих двигателей с наддувом среднее индикаторное давление ( $p_i$ ) равно  $15\text{--}25 \text{ кгс}/\text{см}^2$ , у двигателя АШ-62ИР величина  $p_i$  достигает  $16\text{--}17 \text{ кгс}/\text{см}^2$ . Максимальная индикаторная мощность двигателя АШ-62ИР составляет 1200 л.с.

#### 1.2. Индикаторный расход топлива

Для оценки экономичности двигателя применяют параметр, который называется «часовой расход топлива». Этот параметр показывает, сколько топлива израсходовал двигатель за час работы. ( $C_h$ ,  $\text{кг}/\text{ч}$ ). Чем меньше часовой расход топлива у двигателя данной мощности, тем экономичнее работает двигатель. Чтобы сравнивать между собой экономичность двигателей разной мощности, определяют количество топлива, расходуемого двигателем на единицу мощности в час. Количество топлива, расходуемого двигателем на единицу мощности (одну лошадиную силу) в час называется удельным расходом топлива. Удельный расход топлива, отнесенный к индикаторной мощности, называется индикаторным удельным расходом топлива или, сокращенно, индикаторным расходом. Индикаторный расход обозначается  $C_i$  и имеет размерность  $\text{кг}/\text{л. с. ч.}$  Или  $\text{г}/\text{л. с. ч.}$

Таким образом, если двигатель имеет часовой расход топлива  $C_h$  и развивает индикаторную мощность  $N_i$ , то его индикаторный удельный расход топлива будет равен

$$C_i = \frac{C_h}{N_i}.$$

Величина индикаторного удельного расхода топлива для авиационных двигателей лежит примерно в пределах  $0,170\text{--}0,210 \text{ кг}/\text{л. с. ч.}$  Из всего тепла, внесенного в двигатель с топливом, только часть превращается в индикаторную работу. Чем большая доля внесенного тепла обращается в работу, тем выше экономичность двигателя.

### 1.3. Индикаторный КПД

Степень использования тепла, внесенного в двигатель топливом, для получения индикаторной работы определяется по индикаторному к. п. д.

Индикаторным КПД двигателя называется отношение тепла, обращенного в индикаторную работу, к теплу, внесенному в двигатель топливом. Индикаторный к. п. д. обозначается  $\eta_i$  и выражается в процентах или долях.

Таким образом, если в двигатель было внесено тепло  $Q$  и за счет этого тепла получена индикаторная работа  $L_i$ , то его индикаторный КПД будет равен

$$\eta_i = \frac{L_i}{Q}.$$

Индикаторный КПД  $\eta_i$ , можно выразить через индикаторный удельный расход топлива  $C_i$  и рабочую теплотворность топлива  $H_u$

Действительно, количество тепла, внесенного топливом в двигатель в течение часа, равняется

$$Q = C_h \cdot H_u \cdot t.$$

При этом индикаторная работа может быть определена по формуле

$$L_i = N_i \cdot \tau,$$

где  $\tau$  — время в секундах, за которое была произведена индикаторная работа  $L_i$ . В нашем случае рассматривается интервал времени равный 1 час (3600 сек).

С учетом сказанного можно записать:

$$\eta_i = \frac{L_i}{C_h \cdot H_u} = \frac{3600 \cdot N_i}{C_h \cdot H_u} = \frac{3600}{H_u \cdot C_i}.$$

Если мы определили при испытания двигателя его индикаторную мощность  $N_i$ , часовой расход топлива  $C_h$  и индикаторный расход топлива  $C_i$ , и знаем теплотворность топлива  $H_u$  то из последнего уравнения можем найти индикаторный КПД двигателя и, следовательно, установить степень использования тепла, внесенного в двигатель топливом. Этим уравнением пользуются в тех случаях, когда по величине индикаторного КПД, найденного расчетным путем, требуется оценить величину индикаторного удельного расхода топлива.

Из уравнений видно, что индикаторный КПД  $\eta_i$  и индикаторный удельный расход топлива  $C_i$ , обратно пропорциональны друг другу, т. е. чем больше  $\eta_i$ , тем меньше  $C_i$  и наоборот. Второй вывод, который мы можем сделать, заключается в том, что если индикаторный КПД двигателя не меняется, то при работе на разных топливах индикаторный удельный расход топлива изменяется обратно пропорционально его теплотворности  $H_u$ . Так, например, при переводе двигателя с работы на бензине ( $H_u = 10\ 500$  ккал/кг) на бензол ( $H_u = 9600$  ккал/кг) или на этиловый спирт ( $H_u = 6700$  ккал/кг) удельный расход топлива возрастет соответственно в  $\sim 1,10$  и  $\sim 1,57$  раза.

Индикаторный КПД является величиной, определяющей собой основное свойство рабочего процесса двигателя — степень использования тепла, внесенного топливом. Поэтому необходимо несколько подробнее рассмотреть, какой может быть величина  $\eta_i$ , а также от чего зависит  $\eta_i$ .

Прежде всего, отметим, что индикаторный к. п. д. практически не зависит от рода топлива, на котором работает двигатель. Объясняется это тем, что какова бы ни была теплотворность топлива, количество тепла, выделяющегося при сгорании 1 кг топливовоздушной смеси, практически одинаково для всех топлив. Поэтому на каком бы топливе ни работал двигатель, если коэффициент избытка воздуха  $\alpha$  остается постоянным, то постоянными остаются давления и температуры рабочего процесса цикла, а следовательно, и получаемая работа и индикаторный КПД

Основными величинами, от которых зависит индикаторный КПД, являются степень сжатия  $\varepsilon$  двигателя и коэффициент избытка  $\alpha$ .

С увеличением степени сжатия двигателя возрастает как работа, затрачиваемая на сжатие, так и работа, получаемая от расширения газов. При этом работа расширений возрастает на большую величину. Поэтому индикаторная работа  $L_i$ , представляющая собой разность работ расширения и сжатия, с увеличением степени сжатия увеличивается. Зависимость  $\eta_i(\varepsilon)$  представлена графиком на рисунке 2-1. Из графика видно, что с увеличением степени сжатия индикаторный КПД сначала возрастает очень резко, а затем рост его постепенно замедляется. Так, например, при увеличении степени сжатия на две единицы, от 3,0 до 5,0,  $\eta_i$  возрастает от 0,220 до 0,300, т. е. примерно на 38%, а при дальнейшем увеличении на две единицы, от 5,0 до 7,0, увеличивается от 0,300 до 0,360, т. е. всего на 20%.

Для авиационных двигателей, степень сжатия которых лежит в пределах  $\varepsilon = 5,0 \div 7,5$ , индикаторный КПД при  $\alpha=1,0$  изменяется в пределах  $\eta_i = 0,30 \div 0,37$ . Это значит, что в этих двигателях при теоретическом

составе смеси ( $\alpha=1,0$ ) в индикаторную работу может быть обращено от 30 до 37% от тепла, внесенного топливом.

Второй величиной, влияющей на индикаторный КПД, является коэффициент избытка воздуха  $\alpha$ , на котором работает двигатель. Если обогащать смесь, на которой работает двигатель, т. е. увеличивать количество топлива, поступающего в двигатель, то соответственно будет увеличиваться и количество вносимого им тепла. Вместе с тем поступающее в двигатель топливо ввиду недостатка воздуха не сможет сгорать полностью и часть заключенной в нем химической энергии не перейдет в тепло и останется неиспользованной. Неполнота сгорания топлива, вызванная недостатком воздуха, называется химической неполнотой сгорания. По мере обогащения смеси химическая неполнота сгорания топлива увеличивается, при этом общее количество выделившегося тепла уменьшается незначительно вследствие общего увеличения количества топлива.

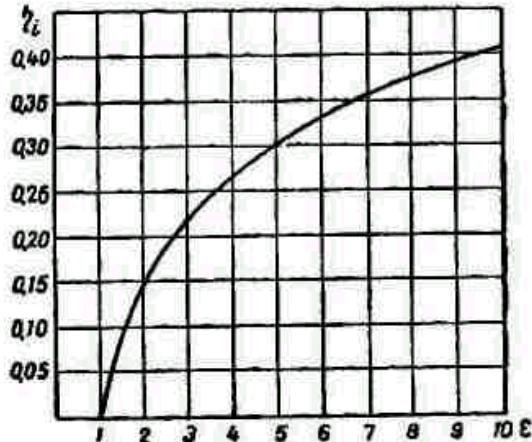


Рис.2-1. Зависимость индикаторного КПД ( $\eta_i$ ) от степени сжатия ( $\varepsilon$ )

Благодаря этому, а также вследствие того, что с обогащением смеси увеличивается скорость сгорания, индикаторная работа  $L_i$ , почти не изменяется. Таким образом, мы видим, что по мере обогащения смеси, с одной стороны, непрерывно увеличивается количество тепла, внесенного в двигатель топливом, а с другой, почти не меняется величина развиваемой двигателем индикаторной работы. Отсюда следует, что индикаторный КПД с обогащением смеси должен уменьшаться.

При обеднении смеси индикаторный КПД сначала несколько возрастает. Однако уже при значениях  $\alpha=1,05 \div 1,15$  он достигает наибольшего значения и затем резко падает. Объясняется то тем, что при дальнейшем обеднении смеси резко снижается скорость ее сгорания, что приводит сначала к уменьшению индикаторной работы, а затем к пропускам в зажигании и неустойчивой работе двигателя.

Зависимость индикаторного КПД от коэффициента избытка воздуха для всех двигателей легкого топлива с принудительным зажиганием практически одинакова и на основании опытных данных может быть представлена графиком, приведенным на рис.2-2.

На этом же графике пунктирной линией показано процентное изменение среднего индикаторного давления двигателя  $p_i$  в зависимости от коэффициента избытка воздуха. Точно так же будет изменяться и индикаторная мощность, развиваемая двигателем при постоянном числе оборотов.

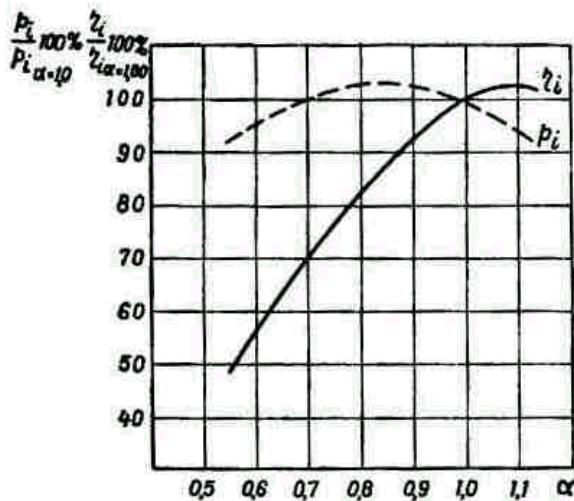


Рис. 2-2. Процентное изменение  $\eta_i$  и  $p_i$  в зависимости от  $\alpha$

#### 1.4. Термический баланс двигателя

Как уже было сказано, из всего тепла, внесенного топливом в двигатель, только часть обращается в индикаторную работу. Часть тепла не выделяется из топлива вследствие неполноты сгорания, часть отдается стенкам цилиндра, а часть уносится в атмосферу с отработавшими газами. Распределение тепла, внесенного топливом, на индикаторную работу и по отдельным потерям принято называть индикаторным тепловым балансом двигателя. Если принять, что тепло, внесенное топливом, составляет 100%, то распределение тепла для двигателя АШ-62ИР будет примерно следующим:

25÷38% тепла обращается в индикаторную работу;

15÷25% тепла теряется вследствие неполноты сгорания;

10÷15% тепла отдается стенкам цилиндра и в охлаждающую среду (воздух, масло);

35÷45% тепла уносится с отработавшими газами.

Потери тепла сильно зависят от коэффициента избытка воздуха  $\alpha$  и степени сжатия  $\varepsilon$ . Как видно из графика на рис. 2-2, при обеднении смеси резко увеличивается доля тепла, обращенного в индикаторную работу, а также снижаются потери тепла за счет неполноты сгорания. При увеличении степени сжатия  $\varepsilon$  индикаторная работа увеличивается, а количество тепла, уносимого с отработавшими газами, соответственно уменьшается. Например, при увеличении степени сжатия от  $\varepsilon=6,0$  до  $\varepsilon=7,0$  и коэффициенте избытка воздуха  $\alpha=1,0$  тепло, обращенное в индикаторную работу, увеличится от 33 до 36%, а тепло, унесенное с отработавшими газами, снизится соответственно с 50 до 47%.

Из графиков на рисунке 2-2 следует, что максимальное индикаторное давление, а следовательно, и мощность двигателя достигается при  $\alpha=0,85÷0,9$ , максимальный индикаторный КПД, а следовательно, минимальные потери — при  $\alpha=1,05÷1,1$ . Поэтому для получения наибольшей мощности двигателя, например, при взлете самолета, топливовоздушную смесь необходимо обогатить ( $\alpha\leq0,85÷0,9$ ), при полете на максимальную дальность — обеднить ( $\alpha\leq1,05÷1,1$ )\*.

## 2. ЭФФЕКТИВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ДВИГАТЕЛЯ

### 2.1. Эффективная мощность

Эффективной мощностью двигателя называется мощность, передаваемая от коленчатого вала двигателя воздушному винту, обозначается она  $N_e$ .

Эффективная мощность двигателя без нагнетателя равна разности между индикаторной мощностью  $N_i$  и мощностью механических потерь  $N_M$  т. Е.

$$N_e = N_i - N_M.$$

Эффективная мощность двигателя с нагнетателем равна разности между индикаторной мощностью, мощностью механических потерь  $N_M$  и мощностью, затрачиваемой на привод нагнетателя  $N_H$ , т. Е.

$$N_e = N_i - N_M - N_H.$$

Максимальная эффективная мощность двигателя АШ-62ИР составляет 1000 л.с.

Так же как и индикаторная мощность (см. п.1.1), эффективная мощность может быть выражена через рабочий объем двигателя, частоту вращения коленвала и некоторое условное постоянное давление  $p_e$ :

$$N_e = \frac{p_e \cdot V_h \cdot i \cdot n}{900} \text{ л.с.}$$

где  $p_e$  — среднее эффективное давление в  $\text{kgs/cm}^2$ .

Величина среднего эффективного давления характеризует напряженность работы двигателя и составляет для двигателей без нагнетателя  $p_e=9÷11 \text{ кг}/\text{см}^2$ , для двигателей с нагнетателем  $p_e=12÷20 \text{ кг}/\text{см}^2$ .

### 2.2. Мощность механических потерь

При работе двигателя часть индикаторной работы затрачивается на преодоление трения движущихся деталей (поршней, подшипников, коленчатого вала, шестерен, деталей газораспределения и пр.), на привод агрегатов двигателя (магнето, различные насосы, регуляторы и другие агрегаты, кроме нагнетателя), а также на осуществление процессов впуска и выпуска.

Мощность, затрачиваемая на преодоление трения движущихся деталей, на привод агрегатов двигателя и на насосную работу, называется и обозначается  $N_M$ .

У современных двигателей мощность механических потерь составляет примерно 10÷15% индикаторной мощности, т. Е.

$$N_M = (0,10÷0,15) N_i.$$

\*Не допускается в полете обеднение смеси до величин  $\alpha > 1,05÷1,1$ . Это может привести к неустойчивому горению ТВС в цилиндрах.

Величина  $N_M$  в основном зависит от частоты вращения коленчатого вала, сорта, качества и температуры масла, конструктивного и технологического совершенства двигателя. Зависимость  $N_M$  от частоты вращения описывается выражением  $N_M = A \cdot n^2$ ,

где  $A$  — постоянный для данного двигателя коэффициент;

$n$  — постоянный для данного двигателя показатель степени, равный 1,8÷2,2.

Увеличение температуры масла снижает механические потери за счёт уменьшения вязкости. При температуре более 100°C вязкость становится настолько малой, что масло не удерживается в зазорах между трущимися поверхностями. Это приводит к полусухому трению и увеличению  $N_M$ . Снижение температуры масла с 70 до 40°C приводит к росту на  $N_M$  10÷15% (для АШ-62ИР на 6÷11 кВт или 8÷15 л. С.).

Суммарная величина мощности механических потерь для двигателя АШ-62ИР может достигать 88÷96 кВт (120÷130 л. С.).

Если принять за 100% всю мощность механических потерь, то составные части потерь распределяются следующим образом:

— трение поршней и поршневых колец .....	45÷65%
— трение в подшипниках цилиндропоршневой группы.....	5÷10%
— трение в приводе механизма газораспределения.....	5÷10%
— потери на трение в редукторе.....	10÷15%
— привод агрегатов (топливного и масляного насосов, воздушного компрессора, магнето, генератора и, др.) .....	5÷10%
— работа насосных ходов.....	10÷15%

### 2.3. Мощность привода нагнетателя

Мощность, затраченная на привод нагнетателя ( $N_H$ ), расходуется, в основном, на повышение давления и температуры топливовоздушной смеси, поступающей в цилиндры двигателя. Наличие нагнетателя позволяет увеличить весовой заряд ТВС и, следовательно, увеличить мощность двигателя, повысить его высотность. Мощность на привод нагнетателя отбирается от коленчатого вала двигателя.

Величина мощности  $N_H$  зависит от количества воздуха, протекающего через нагнетатель и величины давления наддува ( $p_k$ ). Для существующих авиационных двигателей мощность на привод нагнетателя составляет 10÷20% от  $N_i$ . У двигателя АШ-62ИР  $N_H$  достигает 110 кВт (80 л. С.)

### 2.4. Механический КПД двигателя

Эффективная мощность  $N_e$  развиваемая двигателем, всегда меньше его индикаторной мощности  $N_i$ , так как часть последней затрачивается на преодоление механических потерь и на привод нагнетателя.

Чем меньше механические потери в двигателе, тем соответственно большая часть индикаторной мощности может быть передана валу двигателя.

Механическим КПД двигателя ( $\eta_M$ ) называется отношение эффективной мощности двигателя к индикаторной:

$$\eta_M = \frac{N_e}{N_i} = \frac{N_i - N_M - M_H}{N_i} = 1 - \frac{N_M + M_H}{N_i}.$$

Из этой формулы мы можем выразить эффективную мощность через индикаторную мощность и механический к. п. д. следующим образом:

$$N_e = \eta_M \cdot N_i.$$

Из приведенных формул видно, что механический КПД представляет собой долю, которую составляет эффективная мощность двигателя от индикаторной. Чтобы найти эффективную мощность двигателя, нужно его индикаторную мощность  $N_i$ ; умножить на механический КПД  $\eta_M$ .

Для двигателей без нагнетателя величина механического к. п. д. составляет примерно 0,85÷0,90. Это значит, что на преодоление механических потерь в двигателе затрачивается от 10 до 15 процентов его индикаторной мощности.

Для двигателей, имеющих нагнетатели с механическим приводом от коленчатого вала, значительная доля индикаторной мощности дополнительно затрачивается на вращение нагнетателя. Вследствие этого механический КПД таких двигателей получается соответственно меньшим и составляет в среднем около 0,70÷0,90.

Для двигателя АШ-62ИР, имеющего низконапорный нагнетатель, величина механического КПД составляет 0,80÷0,90.

## 2.5. Эффективный удельный расход топлива

Эффективным удельным расходом топлива ( $C_e$ ) или, сокращенно, эффективным расходом топлива называется расход топлива в единицу времени ( $C_h$ ), отнесенный к единице эффективной мощности ( $N_e$ ), развиваемой двигателем.

Если двигатель развивает эффективную мощность  $N_e$  и расходует в единицу времени  $C_h$  топлива, то его эффективный расход  $C_e$  будет:

$$C_e = \frac{C_h}{N_e}.$$

Эффективный удельный расход показывает, какое количество топлива в час необходимо израсходовать двигателю для развития единицы мощности (одной лошадиной силы). У двигателя АШ-62ИР эффективный расход топлива зависит от режима работы и равен  $200 \div 300 \text{ г}\cdot\text{л.с. /ч.}$

## 2.6. Эффективный КПД двигателя

Степень использования тепла, внесенного в двигатель топливом для получения эффективной работы, характеризуется эффективным к. п. д.

Эффективным КПД ( $\eta_e$ ), называется отношение тепла, превращенного двигателем в эффективную работу ( $L_e$ ), к теплу, внесенному топливом в двигатель ( $Q$ ).

$$\eta_e = \frac{L_e}{Q}.$$

Таким образом, эффективный к. п. д. учитывает все потери энергии в двигателе и характеризует его в целом как тепловую машину и как систему механизмов.

У современных авиационных поршневых двигателей величина  $\eta_e$  составляет  $0,2 \div 0,3$ . Это означает, что только  $20 \div 30\%$  израсходованного топлива используется на создание полезной мощности, остальные  $70 \div 80\%$  безвозвратно теряются. Для двигателя АШ-62ИР  $\eta_e \approx 0,20$ .

## 2.7. Связь между эффективными и индикаторными параметрами

Связь между эффективными и индикаторными величинами удельного расхода и КПД может быть установлена через механический КПД

Учитывая, что  $N_e = \eta_M \cdot N_i$  (см. пп.2.4 и 2.5), можем записать :

$$C_e = \frac{C_h}{N_e} = \frac{C_h}{\eta_M \cdot N_i}.$$

Но  $\frac{C_h}{N_i}$  есть индикаторный расход топлива  $C_i$  (см. п.10.2). Тогда:

$$C_e = \frac{C_i}{\eta_M}.$$

Если известны рабочая теплотворность топлива  $H_i$  и эффективный расход топлива  $C_e$ , то эффективный КПД может быть определен, аналогично индикаторному к. п. д. (см. п.1.3). Тогда с учетом п.2.4 и п.2.5 запишем:

$$\eta_e = \frac{L_e}{H_u \cdot C_h} = \frac{3600 \cdot N_e}{H_u \cdot C_h} = \frac{3600}{H_u \cdot C_e} = \frac{3600 \cdot \eta_M}{H_u \cdot C_i} = \eta_i \cdot \eta_M.$$

Из приведенных формул видно, что меньше механический КПД, тем больше (при тех же значениях  $C_i$  и  $\eta_i$ ) эффективный расход топлива и соответственно тем меньше эффективный к. п. д.

Таким образом, эффективный расход топлива всегда больше индикаторного, а эффективный КПД, наоборот, всегда меньше индикаторного КПД

Из сказанного можно сделать вывод об однозначной зависимости (через  $\eta_M$ ) индикаторного КПД и индикаторного расхода топлива. Следовательно, характер изменения этих параметров при изменении режима работы двигателя, внешних условий и др. будет аналогичен.

### 3. РЕЖИМЫ РАБОТЫ АВИАЦИОННЫХ ПОРШНЕВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ\*

При эксплуатации на летательном аппарате двигатель должен развивать различные мощности. Так, на взлете, наборе высоты от двигателя требуется максимальная мощность, при горизонтальном полете на дальность необходима мощность, значительно меньшая максимальной, и т. д.

Рабочее состояние двигателя определяется не только развиваемой им мощностью, но и соответствующими этой мощности частоте вращения коленвала, давлением наддува, температурами масла, головок цилиндров и т. д. Совокупность всех этих параметров определяет собой так называемый режим работы двигателя. Различные режимы работы двигателя принято называть по тем мощностям, которые развиваются двигателем при работе на них, поэтому в дальнейшем при рассмотрении классификации мощностей мы наравне с термином «мощность» будем пользоваться и более общим термином «режим», включающим в себя соответствующие данной мощности и другие условия, определяющие рабочее состояние двигателя.

Продолжительность работы двигателя на разных режимах различна. При взлете, наборе высоты, когда двигатель развивает максимальную мощность, продолжительность непрерывной работы двигателя исчисляется минутами, а при полете на дальность, при пониженной мощности, — часами или даже десятками часов. Это позволяет ограничить продолжительность работы двигателя на режимах повышенной мощности и, наоборот, допускать длительную работу на пониженной мощности.

Для двигателей с нагнетателями обычно принято различать следующие режимы работы: номинальный, взлетный, эксплуатационный и крейсерские.

**Номинальный режим.** Номинальным называется основной расчетный режим работы двигателя, характеризующийся номинальными оборотами коленчатого вала и номинальным давлением наддува.

Мощность на номинальном режиме принимают за 100%; мощность на всех других режимах часто выражают в процентах от этой номинальной мощности.

Номинальный режим используется для получения максимальной скорости или скороподъемности самолета в течение длительного полета. Допускается использовать номинальный режим при взлете самолета, если позволяет длина ВПП.

На номинальном режиме двигатель должен надежно работать не более 40÷50% общего ресурса. Продолжительность непрерывной работы двигателя на номинальном режиме не более одного часа.

**Взлетный режим.** Взлетным называется режим, на котором работает двигатель при взлете самолета для максимального сокращения длины разбега.

Этот режим используется для взлета перегруженных самолетов при ограниченных размерах летного поля или для достижения максимальной скороподъемности в начале набора высоты.

Увеличение мощности двигателя на взлетном режиме достигается обычно повышением не только давления наддува, но и оборотов коленчатого вала.

Мощность двигателя на взлетном режиме весьма значительна и составляет 110÷120% от номинальной мощности, а иногда и больше. У некоторых двигателей, в том числе у АШ-62ИР, она является их максимальной мощностью. Скорость самолета при взлете и первоначальном наборе высоты относительно мала. Недостаточен и отвод тепла от двигателя, поэтому тепловая напряженность при взлете у двигателей обычно велика. Для устранения перегрева и обеспечения более надежной работы двигателя на этом режиме применяют более богатый состав смеси.

По этой же причине и продолжительность работы двигателя на этом режиме ограничивается определенным временем.

На взлетном режиме двигатель должен надежно работать около 5% ресурса, продолжительность непрерывной работы не более 5 минут.

**Эксплуатационный режим.** Эксплуатационным называется режим, при работе на котором мощность составляет 90% от мощности на номинальном режиме. Продолжительность работы двигателя на эксплуатационном режиме не ограничена.

Эксплуатационный режим применяется при горизонтальном полете самолета с максимальной скоростью и при полете с набором высоты.

**Крейсерские режимы.** Под крейсерскими понимают такие режимы работы двигателя, при которых мощность его составляет от 30 до 75% от номинальной.

На крейсерских режимах двигатель должен надежно работать весь срок своей службы без ограничения продолжительности непрерывной работы.

Применительно к двигателю АШ-62ИР в зависимости от развиваемой мощности различают несколько крейсерских режимов: 0,75Ne.ном., 0,6Ne.ном., 0,5Ne.ном.

Режим 0,75Ne.ном.

Мощность двигателя на этом режиме составляет 75% от номинальной мощности.

Режим применяется при длительном наборе высоты и при горизонтальном полете с повышенной скоростью.

Режим 0,6Ne.ном.

\*Приводится применительно к двигателю АШ-62ИР, установленному на самолете Ан-2.

Мощность двигателя на этом режиме составляет 60% от номинальной мощности.

Режим применяется при длительном горизонтальном полете.

#### Режим 0,5Ne.ном.

Мощность двигателя на этом режиме составляет 50% от номинальной мощности.

Режим применяется при длительном горизонтальном полете, полете со снижением, посадке, рулении самолета по аэродрому.

В полете летчик может задавать двигателю любой из крейсерских режимов, в том числе и промежуточные, например 0,7Ne.ном, 0,4 Ne.ном и др. Режимы работы двигателя в зависимости от высоты, скорости полета приведены в инструкции по эксплуатации и техническому обслуживанию самолета Ан-2.

**Режим «малый газ».** Режимом «малый газ» называется минимальный режим работы, при котором двигатель работает устойчиво. На этом режиме частота вращения коленвала минимальна, мощность двигателя минимальна и не регламентирована. На режиме «малый газ» двигатель работает непродолжительное время для проверки его работоспособности при опробовании двигателя на земле.

## 4. ХАРАКТЕРИСТИКИ АВИАЦИОННЫХ ПОРШНЕВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

### 4.1. Общие сведения о характеристиках

Для правильной эксплуатации двигателя необходимо знать изменение его эффективной мощности и удельного эффективного расхода топлива в зависимости от условий работы. Значения мощности и расхода топлива при различных условиях работы двигателя определяются по его характеристикам.

Характеристиками двигателя принято называть зависимости его эффективной мощности  $Ne$  и эффективного расхода топлива  $Ce$ , от какой-либо величины, по изменению которой в условиях эксплуатации мы устанавливаем или контролируем режим работы двигателя.

Мощность, развиваемая двигателем, и удельный расход топлива зависят, в основном, от частоты вращения коленвала, давления наддува и от давления и температуры атмосферного воздуха, т. Е. от высоты полета. Эти же величины удобнее всего поддаются измерению и контролю в условиях эксплуатации. Поэтому изменение мощности и удельного расхода топлива двигателя принято определять в зависимости от числа оборотов, давления наддува и высоты полета. Характеристики двигателя представляются обычно в форме графиков, в которых по оси ординат откладываются значения эффективной мощности  $Ne$  и соответствующего ей удельного эффективного расхода топлива (иногда откладываются дополнительно и другие величины, характеризующие работу двигателя, например часовой расход топлива, давление наддува и т. Д.), а по оси абсцисс — та величина, от

которой дается зависимость этих величин, т. Е. частота вращения коленвала, давление наддува, высота полета и пр.

Характеристики двигателя могут быть получены путем расчета или по результатам испытания двигателей на стенде. Основными характеристиками, имеющими наибольшее практическое значение, являются характеристики по частоте вращения коленвала — внешняя и винтовая, а также характеристики в зависимости от высоты полета — высотные характеристики.

### 4.2. Внешняя характеристика двигателя

Внешней характеристикой двигателя называется зависимость эффективной мощности и эффективного удельного расхода топлива от частоты вращения коленчатого вала при работе двигателя на земле и при полном открытии дроссельной заслонки.

При работе двигателя по внешней характеристике состав смеси на всех оборотах поддерживается постоянным и отрегулированным на максимальную мощность. Опережение зажигания устанавливают наивыгоднейшее, т. Е. такое, которое обеспечивает получение максимальной мощности и отсутствие детонации.

Изменение частоты вращения коленвала при снятии внешней характеристики достигается изменением внешней нагрузки на вал двигателя за счет применения гидравлических тормозов или изменения шага винта (см. приложение 2-1).

Внешняя характеристика двигателя АШ-62ИР при полностью открытых дроссельных заслонках показана на рис.2-3 (кривые 1 и 3). Как видно из рисунка, эффективная мощность  $Ne$  и эффективный удельный расход топлива  $Ce$  с увеличением числа оборотов непрерывно растут.

Увеличение эффективной мощности происходит в результате увеличения числа циклов в единицу времени и среднего эффективного давления  $p_e$ . Последнее обусловлено ростом весового заряда смеси за счет повышения давления наддува с увеличением частоты вращения коленвала (увеличение частоты вращения коленвала с 1700 до 2200 об/мин увеличивает  $p_e$  на  $1 \text{ кгс}/\text{см}^2$ ).

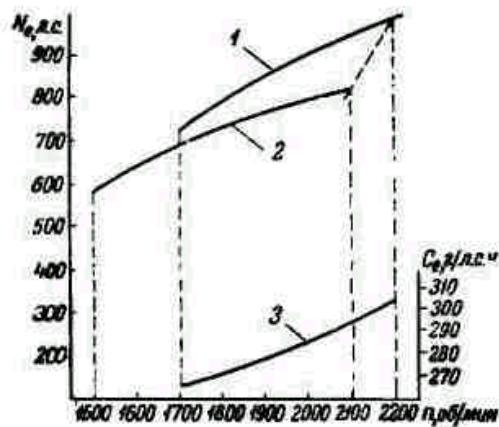


Рис.2-3. Внешняя характеристика двигателя АШ-62ИР:

1— эффективная мощность ( $N_e$ ) при полностью открытой дроссельной заслонке; 2— эффективная мощность ( $N_e$ ) при  $p_k=900$  мм.рт.ст.; 3— эффективный удельный расход топлива ( $C_e$ ) при полностью открытой дроссельной заслонке

Характер изменения  $C_e$  по внешней характеристике определяется в основном характером изменения  $\eta_m$ , который с увеличением частоты вращения коленвала непрерывно уменьшается. Индикаторный к. п. д.  $\eta_i$ , при этом практически не меняется, так как коэффициент избытка воздуха изменяется очень мало.

Внешняя характеристика при полностью открытой дроссельной заслонке показывает наибольшие мощности, которые возможно получить от двигателя при различной частоте вращения коленвала числах. Для двигателей с наддувом, кроме этой характеристики, обычно дается также внешняя характеристика при неизменном давлении наддува  $p_k$ , равном номинальному (кривая 2 на рис.2-3). Здесь частота вращения, как и в первом случае, изменяется изменением нагрузки на вал двигателя, а постоянный наддув по мере увеличении числа оборотов поддерживается прикрытием дроссельных заслонок. Внешняя характеристика при неизменном  $p_k$ , соответствующему  $p_k$  номинального режима, показывает наибольшие мощности, на которых двигатель может надежно работать продолжительное время (не менее 1 ч).

#### 4.3. Винтовая характеристика

Винтовой характеристикой называется зависимость эффективной мощности и эффективного удельного расхода топлива от числа оборотов при работе двигателя с винтом фиксированного шага.

При снятии винтовой характеристики число оборотов изменяется путем изменения количества подачи топлива при различных положениях дроссельной заслонки. Обычно для двигателя дается одна винтовая характеристика, соответствующая его работе с винтом, установленным на самый малый шаг. С таким винтом двигатель развивает взлетную мощность и частоту вращения коленвала при полностью открытой дроссельной заслонке.

Винтовая характеристика двигателя АШ-62ИР дана на рис.2-4. Как видно из рисунка, с увеличением частоты вращения эффективная мощность двигателя непрерывно повышается, а удельный расход топлива сначала снижается, а затем также повышается.

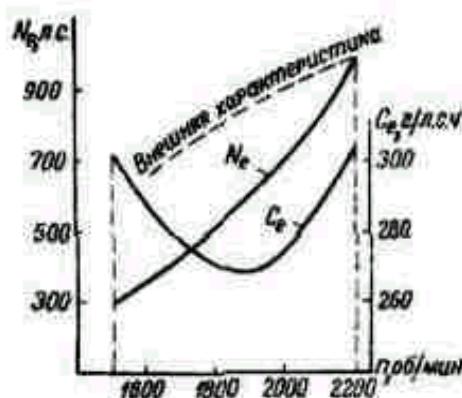


Рис.2-4. Винтовая характеристика двигателя АШ-62ИР

Эффективная мощность двигателя при любой установившейся частоте вращения равна мощности, потребляемой винтом на свое вращение. Если этого равенства не будет, то частота вращения коленвала

двигателя будет увеличиваться или уменьшаться. Мощность, потребляемая данным винтом, изменяется прямо пропорционально кубу частоты его вращения. Следовательно, и эффективная мощность двигателя по винтовой характеристике изменяется по тому же закону.

Характер изменения эффективного удельного расхода топлива по винтовой характеристике определяется характером изменения  $\eta_i$  и  $\eta_m$  от частоты вращения. Изменение  $\eta_i$  в основном зависит от изменения качества смеси ( $\alpha$ ) при изменении частоты вращения, т. Е. от регулировки карбюратора (см. приложение 2-2). Значительное обогащение смеси на малом газе и взлетном режиме приводит к уменьшению  $\eta_i$  и к соответствующему увеличению эффективного удельного расхода топлива. Более бедные смеси на крейсерских числах оборотов приводят к повышению  $\eta_i$  и снижению  $C_e$ .

С увеличением числа оборотов  $\eta_m$  непрерывно увеличивается, что приводит к снижению  $C_e$ . Рост  $\eta_m$  объясняется тем, что с увеличением частоты вращения эффективная мощность по винтовой характеристике и мощность нагнетателя растут пропорционально кубу частоты вращения, а мощность механических потерь — пропорционально квадрату частоты вращения, т. Е. более медленно. Следовательно, индикаторная мощность ( $N_i = N_e + N_m + N_h$ ) растет медленнее, чем  $N_e$ , и поэтому  $\eta_m$  возрастает. Совместное влияние  $\eta_i$  и

$\eta_m = \frac{N_e}{N_i}$  определяет общий характер изменения  $C_e$  по винтовой характеристике, причем решающее

влияние оказывает  $\eta_i$ , т. Е. регулировка карбюратора — фактор сугубо эксплуатационный.

#### 4.4. Высотные характеристики

Высотной характеристикой называется зависимость эффективной мощности и эффективного удельного расхода топлива от высоты полета при постоянной частоте вращения коленвала, качестве смеси и давлении наддува, равном номинальному.

Номинальное давление наддува поддерживается постоянным до такой высоты, на которой оно достигается при полностью открытых дроссельных заслонках и номинальной частоте вращения. Эта высота называется расчетной.

Как видно из рис. 2-5, эффективная мощность двигателя АШ-62ИР увеличивается с подъемом до расчетной высоты (на 20 л. С.), а затем уменьшается. Эффективный удельный расход топлива, наоборот, с подъемом до расчетной высоты снижается, а затем возрастает.

Увеличение мощности с подъемом до расчетной высоты обусловливают следующие факторы:

— уменьшение наружной температуры (а следовательно, и температуры смеси за нагнетателем; при постоянном  $P_k$  приводит к увеличению удельного веса смеси поступающей в цилиндры, и ее весового заряда);

— уменьшение противодавления на выхлопе с подъемом на высоту способствует лучшей очистке цилиндров от остаточных газов, что также приводит к увеличению весового заряда смеси;

— понижение давления в картере приводит к снижению затрат мощности на выполнение насосных ходов, так как с увеличением высоты возрастает положительная работа в такте впуска.

На высоте, превышающей расчетную, мощность двигателя снижается, как и у невысотного двигателя, в результате уменьшения плотности воздуха. При этом мощность уменьшается интенсивнее, чем плотность воздуха.

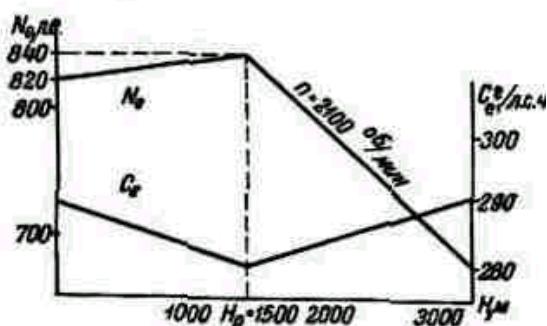


Рис. 2-5. Высотная характеристика двигателя АШ-62ИР

Характер изменения эффективного удельного расхода топлива  $C_e$  в зависимости от высоты полета определяется исключительно изменением  $\eta_m$  с высотой. При этом величина  $\eta_m$  определяется соотношением только индикаторной мощности и мощности механических потерь, так как мощность, потребляемая

нагнетателем  $N_H$ , на всех высотах изменяется пропорционально  $N_i$  и на механический КПД влияния не оказывает.

До расчетной высоты индикаторная мощность  $N_i$  увеличивается, а мощность механических потерь  $N_M$  уменьшается за счет указанных выше факторов. Следовательно  $\eta_M = 1 - \frac{N_M + N_H}{N_i}$  с подъемом до расчетной высоты увеличивается, а  $C_e$  уменьшается.

На высотах больше расчетной индикаторная мощность уменьшается интенсивнее, чем мощность механических потерь, в результате чего  $N_e$ , уменьшается, а  $C_e$  возрастает.

Высотная характеристика обычно дается не только для номинальных, но и для других частот вращения. Серия таких высотных характеристик мощности двигателя АШ-62ИР дана на рис. 2-6. Пользуясь этим графиком, можно определить высоты, на которых возможно получить требуемую крейсерскую мощность при различных числах оборотов.

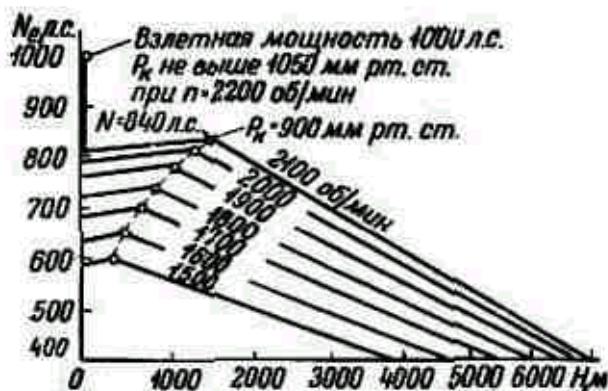


Рис. 2-6. Серия высотных характеристик мощности двигателя АШ-62ИР

## 5. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ДВИГАТЕЛЕ АШ-62ИР И ЕГО ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

### 5.1. Общие сведения

Двигатель АШ-62ИР (рис. 2-7, 2-8) — звездообразный, легкого топлива, четырехтактный, воздушного охлаждения. Он создан коллективом специалистов под руководством Аркадия Дмитриевича Швецова. В эксплуатации находится с 1937 г.

Двигатель снабжен односкоростным приводным центробежным нагнетателем и редуктором планетарного типа. Эксплуатируется двигатель с вином изменяемого шага, имеющим гидравлическое управление. Заданная пилотом частота вращения коленчатого вала автоматически сохраняется постоянной с помощью установленного на двигателе регулятора постоянства оборотов (РПО).

Двигатель карбюраторный. Карбюратор имеет высотный корректор, автоматически регулирующий качество горючей смеси с изменением высоты полета.

Ручное управление высотным корректором позволяет корректировать состав смеси в полете вручную.

Подача топлива из топливных баков в карбюратор обеспечивается топливным насосом коловоротного типа.

Большая часть труящихся поверхностей деталей двигателя смазывается маслом под давлением. Давление в масляных магистралях двигателя создается масляным насосом шестеренного типа. Масло, поступающее в двигатель, фильтруется в пластинчатом фильтре. Для зажигания рабочей смеси в каждом цилиндре двигателя установлены две запальные электрические свечи. Источником тока высокого напряжения являются два магнето.

Запуск двигателя производится с помощью электроинерционного стартера.

Кроме этих агрегатов, на двигателе устанавливается генератор — источник постоянного тока низкого напряжения, необходимого для питания электрорадиооборудования самолета, и воздушный компрессор, обеспечивающий на борту самолета запас сжатого воздуха, необходимого для торможения колес.

Основными конструктивными узлами двигателя АШ-62ИР являются: цилиндро-поршневая группа, шатунный механизм, коленчатый вал, редуктор, механизм газораспределения, нагнетатель, картер и приводы агрегатов.

В процессе серийного выпуска конструкция двигателя и технология его производства непрерывно совершенствовались.

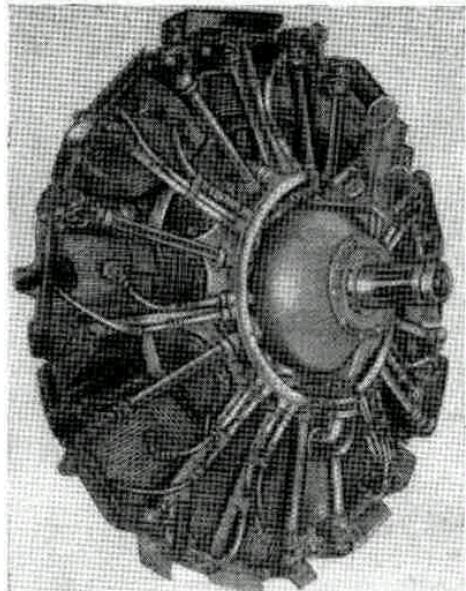


Рис. 2-7. Двигатель АШ-62ИР(вид спереди слева)



Рис. 2-8. Двигатель АШ-62ИР (вид сзади)

## 5.2. Технические данные двигателя АШ-62ИР

### Основные данные

Число цилиндров.....	9
Порядок нумерации цилиндров.....	по часовой стрелке, сматря на двигатель со стороны задней крышки картера и считая верхний цилиндр первым
Диаметр цилиндра, мм.....	155,5
Ход поршня, мм.....	174,5 для цилиндра № 1 с главным шатуном
Рабочий объем одного цилиндра, л.....	3,31
Рабочий объем всех цилиндров, л .....	29,87
Степень сжатия.....	6,4±0,1
Направление вращения коленчатого вала.....	по часовой стрелке, если сматреть со стороны задней крышки
Передача на винт.....	через редуктор планетарного типа
Степень редукции.....	11:16
Тип нагнетателя.....	приводной центробежный односкоростной
Передаточное число от коленчатого вала	

к крыльчатке нагнетателя.....	1:7
Расчетная высота, м, до которой нагнетатель в состоянии поддерживать номинальное давление наддува 900 мм рт. Ст.....	1 500 (без учета скоростного напора)

#### Питание топливом

Сорт топлива.....	бензин Б-91/115
с октановым числом 91	
Карбюратор.....	типа АКМ-62ИРА
Топливный насос.....	коловратный, типа БНК-12БК
Давление топлива перед карбюратором, кгс/см <sup>2</sup> :	
а) на режиме малого газа.....	не менее 0,15
б) на остальных режимах.....	0,2÷0,25

#### Питание маслом

Сорт применяемого масла для зимы и лета — МК-22 или МС-20. Допускается смешение масел МК-22 с МС-20 в любых пропорциях, как при хранении, так и в баках самолетов.

Чтобы обеспечить запуск двигателя без нарушения его смазки при наличии в масляном баке холодного масла, разрешается разжижать масло бензином, если температура наружного воздуха 5°C и ниже. Бензина в масло добавлять не более 12,5% по объему.

Срок работы масла.....	100 ч для всех сортов масла
Масляный насос.....	шестеренный МШ-8М
Масляный фильтр на входе в двигатель.....	пластиначатый, типа МФМ-25
Давление масла, кгс/см <sup>2</sup>	
— в масляном насосе.....	5÷6
— в задней крышке картера.....	4÷5
— на режиме малого газа при n=500 об/мин .....	не менее 2
— при n=700—800 об/мин через 10 сек после запуска двигателя.....	не менее 3
Температура входящего масла (замеряется на входе в насос), °C:	
— минимально допустимая перед опробованием двигателя и в полете на всех режимах.....	не ниже 50
— рекомендуемая .....	60÷75
— максимально допустимая.....	85 (не более 3 мин).
Давление масла при этом должно быть не менее 3 кгс/см <sup>2</sup> )	

#### Температура головок цилиндров (замеряется под задней свечой первого цилиндра)

Минимальная перед опробованием двигателя и в полете (из условия обеспечения хорошей приемистости двигателя), °C.....	150
Нормальная в полете, °C.....	не выше 215
Рекомендуемая в полете на крейсерских режимах, °C.....	165÷200
Максимально допустимая (на взлете в течение 5 мин и при наборе высоты в течение 15 мин), °C.....	245

#### Зажигание

Порядок зажигания в цилиндрах.....	1—3—5—7—9—2—4—6—8
Магнето.....	два экранированных магнето БСМ-9М с автоматическим опережением зажигания
Опережение зажигания в градусах поворота коленчатого вала:	
— для правого магнето.....	20 до в.м.т. в такте сжатия
— для левого магнето.....	15 до в.м.т. в такте сжатия
Свечи.....	СД-48ВСМ с керамической

изоляцией; две на цилиндр	
Зазор между электродами свечи, <i>мм</i> .....	0,28÷0,36

#### Газораспределение

Открытие и закрытие клапанов в градусах угла	
поворота коленчатого вала:	
клапан впуска:	
— открытие .....	15 <sup>+10</sup> до в.м.т. в такте вы пуска
— закрытие.....	44 после н. м. т. В такте сжатия
клапан выпуска:	
— открытие.....	74 до н.м.т. в такте расширения
— закрытие.....	25 <sup>+10</sup> после в. М. т. В такте впуска
Максимальный подъем клапанов	
впуска и выпуска, <i>мм</i> .....	14,25
Зазор между роликами рычагов и штоками клапанов	
при холодном двигателе, <i>мм</i> :.....	0,5

#### Агрегаты двигателя

Регулятор постоянства оборотов.....	P-9CM2-AB-2 или PB-101
Электроинерционный стартер.....	типа РИМ-24, один
Генератор.....	ГСК-1500, один
Воздушный компрессор.....	поршневой двухступенчатый, АК-50М, один

#### Габариты и вес двигателя

Диаметр двигателя по крышкам клапанных коробок, <i>мм</i> .....	1375 <sup>+5</sup>
Диаметр двигателя по шпилькам крепления крышек	
клапанных коробок, <i>мм</i> .....	1380 <sup>+5</sup>
Длина двигателя (без стартера и генератора), <i>мм</i> .....	1130
Сухой вес двигателя (без генератора, стартера и деталей	
крепления винта на валу), <i>кг</i> .....	567±2%

#### Ресурс двигателя

Назначенный ресурс, <i>ч</i> .....	6000
Межремонтный ресурс, <i>ч</i> .....	1000

### **5.3. Режимы работы двигателя АШ-62ИР**

#### Взлетный режим

Мощность—1000<sub>-2%</sub> л. с.; частота вращения коленчатого вала—2200 об/мин; давление наддува не выше 1050 мм рт. ст. Эффективный расход топлива более 300 г·л.с./ч.

На взлетном режиме детали двигателя испытывают опасные перегрузки, поэтому завод-поставщик гарантирует надежность непрерывной работы двигателя на взлетном режиме в течение не более 5 мин,

Указанные мощность, число оборотов и наддув двигатель развивает в стандартных атмосферных условиях (температура воздуха 15°C, давление 760 мм рт. ст.). При высоких температурах или пониженном давлении наружного воздуха двигатель на режиме полного газа развивает наддув и мощность меньше, а обороты—больше указанных. В условиях же низких температур — частота вращения коленвала меньше 2200 об/мин, а наддув и мощность больше установленных. В этих условиях дроссельную заслонку на взлете разрешается открывать только до получения максимально допустимого наддува — 1050 мм рт. ст.

Максимально допустимая частота вращения коленвала на земле и в воздухе (не более 30 сек), 2350 об/мин.

#### Номинальный режим

На земле: мощность—820<sub>-2%</sub> л. с., частота вращения коленчатого вала—2100 об/мин; давление наддува—900 мм рт. ст. Эффективный расход топлива 280÷300 г·л.с./ч.

На расчетной высоте 1500 м двигатель при той же частоте вращения коленчатого вала и давлении наддува развивает мощность 840 л. с.(см. п.4.4.)

Нагрузки, возникающие при работе на номинальном режиме, являются расчетными для деталей двигателя. Согласно техническим условиям, двигатель должен надежно работать на этом режиме непрерывно не менее 1 ч.

### Эксплуатационный режим

Мощность—0,9 Не.ном (738 л. с.); частота вращения коленчатого вала— $2030\pm20$  об/мин минуту; давление наддува— $830\pm10$  мм рт. ст. Эффективный расход топлива  $260\div280$  г·л.с./ч.

Завод-поставщик гарантирует безотказную работу двигателя на эксплуатационном режиме в течение установленного ресурса.

### Крейсерские режимы

Рекомендуемые заводом-поставщиком крейсерские режимы работы двигателя даны в табл. 2-1.

Таблица 2-1

Крейсерский режим, Не.ном	Мощность, л. с.	Частота вращения коленвала, об/мин	Давление наддува, мм рт.	Часовой расход топлива, кг/ч	Эффективный расход топлива, г·л.с./ч
0,75	615	1920±1	765±	147,5÷15	240÷255
0,6	492	0	15	7 105,5÷115,5	215÷235
0,5	410	1780±1	680±	88÷94,5	215÷230

Продолжительность работы двигателя на крейсерских режимах в течение ресурса не ограничена.

### Режим «малый газ»

Мощность двигателя— $(0,03\div0,07)\cdot$ Не.ном. Частота вращения коленвала  $550\pm10$  об/мин. Давление наддува  $350\pm50$  мм.рт.ст. Продолжительность работы двигателя на режиме «малый газ» в течение ресурса не ограничена.

## ГЛАВА 3. ЦИЛИНДРО-ПОРШНЕВАЯ ГРУППА АШ-62ИР.

Цилиндро-поршневая группа (ЦПГ) включает в себя цилиндры, поршни, поршневые кольца и поршневые пальцы.

Все детали ЦПГ работают в условиях высоких механических и тепловых нагрузок и подвержены износу от трения. Напряженность работы трущихся поверхностей деталей усугубляется также тем, что они смазываются маслом без давления. На эти поверхности попадают сажа и нагар, образующиеся при сгорании топлива и проникшего в камеру сгорания масла, а также твердые частицы пыли, поступающие из атмосферы вместе с воздухом. При некоторых условиях работы слой масла с трущихся поверхностей может быть частично или полностью смыт бензином, поступившим в избыток в камеру сгорания, или чрезмерно разжижен вследствие перегрева деталей.

### 1. ЦИЛИНДР

Цилиндр состоит из головки, отлитой из сплава алюминия, и стальной кованой гильзы. Головка и гильза соединены резьбой. Гильза имеет фланец с отверстиями под шпильки крепления цилиндра к картеру и юбку для центрирования его в картере. Для лучшего охлаждения головка и гильза имеют снаружи ребра. Все девять цилиндров двигателя взаимозаменяемы.

Защита от коррозии наружных поверхностей головки и гильзы цилиндра обеспечивается покрытием их или эмалью черного цвета, или цинком. Покрытие цинком обладает лучшими антикоррозийными свойствами и введено с середины 1968г.

#### 1.1. УСЛОВИЯ РАБОТЫ ЦИЛИНДРОВ

При работе двигателя на цилиндр действуют значительные механические и тепловые нагрузки.

Механические нагрузки вызываются силой давления газов, величина которой достигает  $65-70 \text{ кгс}/\text{см}^2$ , а также силами бокового давления поршня на цилиндр и силами трения о цилиндр поршня и поршневых колец. Термовые нагрузки обусловлены высокой температурой газов достигающей  $2500^\circ \text{ С}$ , и неравномерным нагревом и охлаждением отдельных участков цилиндра.

**Сила давления газов**  $P_g$  равна произведению давления газа в цилиндре на площадь поршня и достигает наибольшей величины в начале такта расширения. Действуя на боковую поверхность гильзы и головки, газы стремятся разорвать их по образующей. Действуя на поршень и перемещая его к н. м. т., газы с такой же силой давят на головку цилиндра, стремясь сорвать ее с гильзы, а последнюю — со шпилек крепления цилиндра к картеру.

Наибольшего давления (до  $14000 \text{ кгс}$ ) сила  $P_g$  достигает при работе двигателя на взлетном режиме. Частота приложения ее столь велика (18 раз в секунду), что действие ее носит ударный характер.

**Сила бокового давления поршня на цилиндр** является результатом совместного действия на поршень силы давления газов и силы инерции поршня  $P_{jp}$ .

Возникновение сил инерции поршня обусловлено его неравномерным движением — наличием ускорений ( $j_p$ ). Наибольшей величины ускорения достигают при положении поршня в мертвых точках, когда скорость его равна нулю (рис. 3-1). Соответственно в эти моменты наибольшую величину имеют и силы инерции. Ускорения и силы инерции поршня равны нулю при максимальном значении его скорости, соответствующем повороту кривошипа на угол  $75$  и  $285^\circ$  от в. м. т. В этот момент кривошип и шатун образуют между собой угол  $90^\circ$ .

Сила инерции направлена по оси цилиндра в ту или другую сторону\*. Если направление ее совпадает с направлением силы  $P_g$ , то она увеличивает суммарную силу ( $P_g+P_{jp}$ ), действующую на поршень. Если же направление сил различно, то суммарная сила уменьшается. Характер изменения суммарной силы по углу поворота коленчатого вала показан на рис. 3-2.

Эта сила передается через поршневой палец на шатун. Разложив ее по правилу параллелограмма сил на две (рис. 3-3), получим силу  $K$ , действующую вдоль оси шатуна и передающуюся на коленчатый вал, и силу  $N$ , действующую перпендикулярно оси цилиндра и прижимающую поршень к стенке цилиндра.

Сила  $N$  наибольшей величины (около  $900 \text{ кгс}$  при  $n=2200 \text{ об}/\text{мин}$ ) достигает при повороте коленчатого вала на  $37^\circ$  от в. м. т. в такте расширения и направлена в сторону, обратную направлению его вращения. При дальнейшем движении поршня сила  $N$  уменьшается, и в. м. т. равна нулю.

Сила бокового давления прижимает поршень то к одной, то к другой стенке цилиндра, увеличивая трение поршня и поршневых колец о гильзу цилиндра.

В результате происходит повышенный износ этих деталей и овализация гильзы и поршня.

Действуя на значительном плече, сила  $N$  создает момент, раскачивающий цилиндр в плоскости вращения коленчатого вала и вызывающий дополнительные нагрузки на фланец цилиндра, шпильки его крепления и картер двигателя.

\* Знак «+» в сторону коленчатого вала; знак «—» в сторону головки цилиндра (см. рис. 3-1). Ускорения имеют обратные знаки.

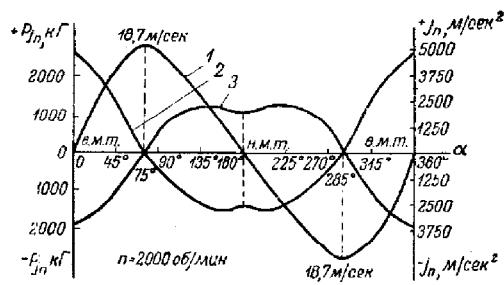


Рис. 3-1. Изменение скорости (график 1), ускорения (график 2) и силы инерции поршня (график 3) за один оборот коленчатого вала двигателя АШ-62ИР

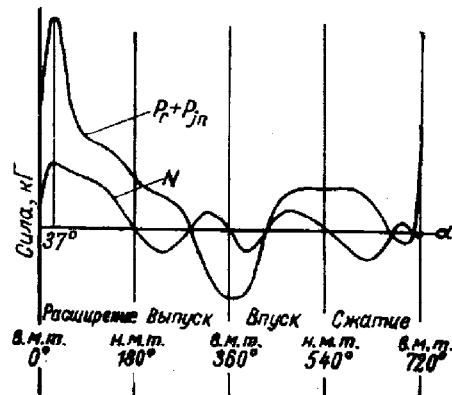


Рис. 3-2. Характер изменения суммарной силы, действующей на поршень ( $P_r + P_{jп}$ ), и силы бокового давления ( $N$ ) в зависимости от угла поворота коленчатого вала

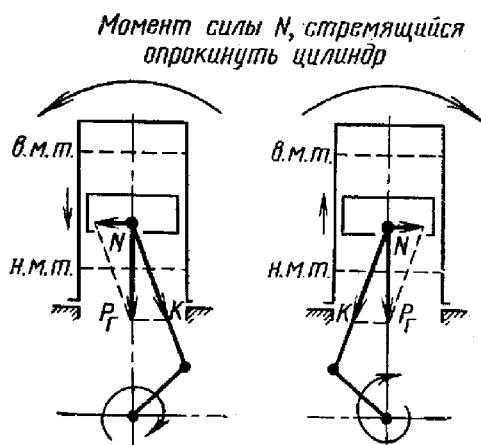


Рис. 3-3. Возникновение и характер действия силы бокового давления

#### Сила трения поршней и поршневых колец о гильзу цилиндра.

Поршни и поршневые кольца скользят по поверхности гильзы цилиндра, прижимаясь к ней с некоторой силой. В результате между ними создаются значительные силы трения, что приводит к износу трущихся поверхностей.

В общем случае сила трения зависит от коэффициента трения, силы, прижимающей трущиеся поверхности друг к другу, и равна их произведению.

Главным фактором, определяющим величину силы трения поршня, является величина коэффициента трения, которая резко изменяется в зависимости от режима трения и качества механической обработки трущихся поверхностей поршня и гильзы.

Средние значения коэффициента трения дюралюминиевого поршня о стальную гильзу следующие:  
Жидкостное трение ..... 0,003—0,20

Граничное (пленочное) трение ..... 0,05—0,20  
 Сухое трение ..... 0,20—0,45

Для уменьшения силы трения между гильзой и поршнем предусматривается зазор, который во время работы двигателя заполняется маслом. Однако практически в условиях жидкостного трения работает только нижний пояс — его юбка. Верхний пояс поршня, имеющий более высокую температуру, работает в условиях граничного трения, когда трущиеся поверхности разделены лишь тонкой пленкой масла, прилипшего к металлу.

При перегреве цилиндра и поршня или смывания масла с поверхности зеркала гильзы бензином верхняя часть поршня имеет режим трения, близкий к сухому. Продолжительная работа двигателя в таких условиях приводит к задиру поршня и зеркала цилиндра.

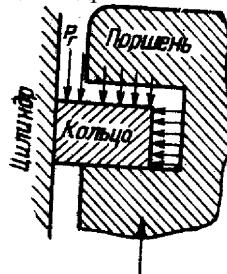


Рис. 3-4. Возникновение силы давления поршневого кольца на стенку цилиндра от сил действия газов

**Сила трения поршневых колец о гильзу цилиндра** зависит от коэффициента трения, удельного давления кольца на гильзу и величины трущихся поверхностей. Коэффициент трения чугунного кольца о стальную гильзу в среднем равен 0,15—0,2. Наибольшие значения его имеют верхние кольца, работающие в тяжелых условиях смазки.

Удельное давление кольца на стенку обусловлено его упругостью и действием давления газов на тыльную поверхность кольца (рис. 3-4).

Последнее обстоятельство особенно неблагоприятно для двух верхних колец, у которых удельное давление от действия газов может в 30—60 раз превысить давление от собственных сил упругости ( $0,6—1,0 \text{ кгс}/\text{см}^2$ ). Это является одной из причин повышенного износа верхнего поршневого кольца, а также верхнего пояса зеркала гильзы цилиндра.

На величину сил трения между поршнем, поршневыми кольцами и гильзой цилиндра и на износ их трущихся поверхностей большое влияние оказывает попадание в масло твердых частиц пыли, нагара и сажи, а также нарушение нормального режима смазки, вызванное перегревом двигателя, чрезмерным разжижением масла бензином, форсированием холодного двигателя и т. д.

**Тепловые нагрузки, действующие на цилиндр.** Различные участки головки и гильзы цилиндра при работе двигателя нагреваются неодинаково. Наиболее сильно нагреваются поверхности, расположенные ближе к камере сжатия, где сгорает основная масса топлива и рабочие газы имеют наибольшую температуру. Неравномерность нагрева цилиндра частично устраняется усиленным оребрением наиболее нагреваемых участков (коробки клапана выпуска и участка головки между клапанными коробками) и постановкой дефлекторов на головку и гильзу цилиндра. Добиться же равномерного нагрева всех участков гильзы и головки цилиндра практически невозможно.

Неравномерность нагрева отдельных участков цилиндра достигает большой величины так по его высоте, так и по окружности (рис. 3-5).

Температура верхней части гильзы цилиндра значительно выше температуры нижней ее части. Разность температур достигает  $100^\circ \text{C}$ . Вследствие этого гильза, имеющая в холодном состоянии строго цилиндрическую форму, приобретает в рабочем состоянии форму растрела. Зазоры между поршнем и цилиндром, а также в стыках поршневых колец при положении поршня около в. м. т. увеличиваются, что ухудшает условия работы всех деталей ЦПГ.

Температура головки и гильзы со стороны окна выпуска значительно выше, чем со стороны окна впуска. Разность температур достигает  $60—70^\circ \text{C}$ . Объясняется это тем, что часть головки, примыкающая к окну выпуска, нагревается в течение процесса выпуска от вытекающих газов, в то время как часть головки, примыкающая к окну впуска, периодически охлаждается поступающей свежей смесью.

Особенно велика разность температур в перемычке головки цилиндра между седлами клапанов впуска и выпуска. Здесь она достигает  $200—220^\circ \text{C}$ .

Тыльная часть цилиндра имеет температуру более высокую, чем передняя, обдуваемая набегающим воздушным потоком. Разность температур по окружности гильзы в верхней ее части достигает  $90—100^\circ \text{C}$ .

Неравномерность нагрева головки цилиндра приводит к неодинаковому расширению отдельных ее участков. В результате появляются тепловые напряжения, величина которых иногда превышает напряжения от сил давления газов. Коробление головки из-за неравномерного нагрева вызывает коробление седел клапанов, что может явиться причиной обгорания клапанов и их обрыва.

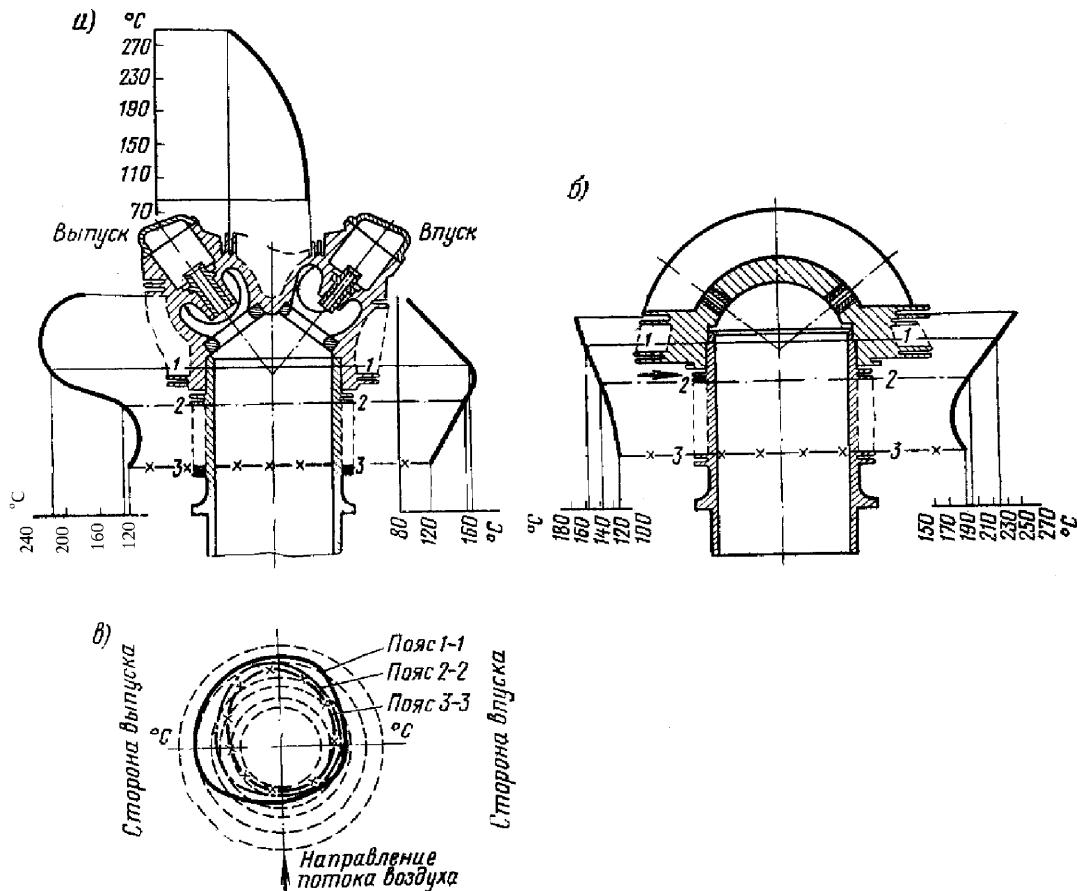


Рис. 3-5. Распределение температуры по отдельным участкам цилиндра

Чтобы цилиндр мог длительное время надежно работать в указанных выше весьма тяжелых условиях, его головка и гильзы должны быть прочными, не терять прочность при нагреве примерно до  $300^{\circ}\text{C}$ , обладать высокой теплопроводностью и хорошей устойчивостью против газовой и воздушной коррозии. Поверхность зеркала цилиндра должна быть твердой и износостойчивой, а соединение головки с гильзой — прочным и плотным.

## 1.2. КОНСТРУКЦИЯ ЦИЛИНДРОВ

Головка цилиндра (рис. 3-6) отлита из сплава алюминия АЛ5, обладающего высокой прочностью, жаростойкостью, малым удельным весом и большой теплопроводностью.

В верхней части головки расположены две клапанные коробки, в которых помещаются рычаги, пружины и направляющие клапанов. В стенках коробок имеются отверстия для осевых болтов рычагов клапанов с выточками под маслоуплотнительные кольца болтов. Клапанные коробки закрыты крышками, каждая из которых крепится к головке на шести шпильках. Гайки крепления крышек контрятся шайбами Гровера. Под крышки устанавливаются паронитовые маслоуплотнительные прокладки.

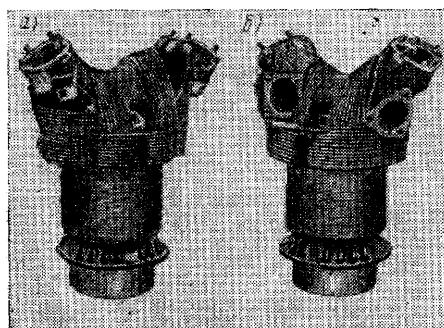


Рис. 3-6. Цилиндр:  
а) вид спереди; б — вид сзади

Спереди каждая коробка имеет резьбовое отверстие, в которое ввернут на герметике и развалцована дюралюминиевый штуцер. К наружному резьбовому концу штуцера накидной гайкой крепится кожух тяги механизма газораспределения.

Спереди и сзади каждой коробки имеется по одному приливу с отверстиями. К задним приливам крепятся дюралюминиевые колодки, ограничивающие продольные перемещения кольца капота двигателя, к передним — подкосы лобовых жалюзи капота\*.

В головку цилиндра запрессованы (при нагретой головке) две бронзовые направляющие клапанов. Они расположены в плоскости вращения коленчатого вала под углом  $75^\circ$  один к другому, и  $37,5^\circ$  к оси цилиндра. Большой угол развала между клапанами позволяет усилить оребрение и улучшить охлаждение центральной части головки над камерой сгорания. Внутри головки сделаны выточки, в которые запрессованы (при нагретой головке) седла клапанов. В одной выточке запрессовано бронзовое седло клапана впуска, в другой — стальное плавающее седло клапана выпуска.

Внутренняя поверхность головки, ограничивающая камеру сжатия, — полусферической формы. Камера сжатия соединена с наружной поверхностью двумя каналами, которые на задней стороне головки заканчиваются фланцами для крепления впускной трубы и выпускного патрубка. Между фланцами головки и впускной трубы устанавливается уплотнительная паронитовая прокладка. Плотное прилегание фланцев патрубка и головки осуществляется с помощью медно-асбестовой прокладки.

В головку цилиндра спереди и сзади ввертываются на резьбе и стопорятся штифтами две бронзовые втулки для установки запальщих свечей. Оси втулок перпендикулярны внутренней поверхности головки, наклонены под углом  $60^\circ$  к оси цилиндра и несколько смещены от плоскости симметрии цилиндра: передняя — влево, задняя — вправо. Такое смещение свечей вызвано стремлением приблизить переднюю свечу к выпускному клапану, где смесь наиболее засорена остаточными газами, горит медленно и длительное время находится под действием высоких температур и давлений. Первоочередное воспламенение этой части смеси уменьшает склонность двигателя к детонации.

Рядом с отверстием под заднюю свечу на головке имеется прилив с резьбовым отверстием для крепления провода термопары.

Для улучшения охлаждения головка снаружи имеет ребра общей площадью около  $1,25 \text{ м}^2$ . Наиболее сильно оребрены коробка клапана выпуска и участок головки между клапанными коробками.

На горизонтальных ребрах головки сделаны два разреза (температурные швы). Они служат для уменьшения температурных напряжений, возникающих от неравномерного нагрева ребер по высоте.

Крайнее нижнее ребро разреза не имеет. Оно является силовым и придает нижней части головки необходимую жесткость.

Внутри нижней части головки сделана цилиндрическая расточка, являющаяся уплотнительным пояском соединения головки с гильзой. Ниже этого пояска на головке сделана специальная упорная резьба для соединения с гильзой.

**Гильза цилиндра** откована из стали. На ее наружной поверхности в средней части сделаны охлаждающие ребра, являющиеся одновременно и ребрами жесткости. В верхней части гильзы имеется резьба для соединения с головкой. Над резьбой расположен цилиндрический посадочный поясок.

Для повышения твердости, коррозионной стойкости и износостойчивости поверхность гильзы азотируется\* на глубину 0,5—0,7 мм, затем хонингуется по строго цилиндрической поверхности. Для обеспечения необходимой прочности и плотности соединения головки с гильзой в рабочем состоянии оно должно иметь значительный натяг в холодном состоянии.

Чтобы обеспечить необходимый натяг, головку перед соединением нагревают до температуры 300—316° С и в таком состоянии в нее вручную ввертывают холодную гильзу, резьба которой смазывается специальным жаростойким составом. При остывании головка усаживается по диаметру, создает натяг по резьбе и посадочному пояску и сжимает верхнюю часть гильзы цилиндра, придавая ей форму усеченного конуса (рис.3-7). Гильза получает так называемое деформационное сужение, которое начинается на расстоянии около 80 мм от ее верхнего обреза и составляет в верхнем обрезе 0,3—0,5 мм. Когда цилиндр нагрет, гильза приобретает форму, близкую к цилиндрической, и зазор между поршнем и гильзой становится примерно одинаковым по всей ее длине.

---

\*Устанавливаются на самолётах Ли-2

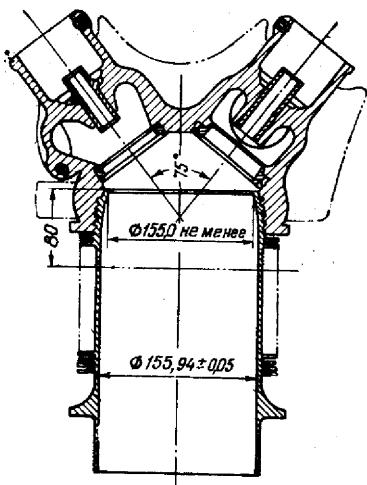


Рис. 3-7. Схема цилиндра с деформационным сужением

Таким образом, устраняется вредное влияние неравномерного нагрева гильзы по высоте на работу деталей ЦПГ.

Деформационное сужение гильз цилиндров было введено начиная с двигателей 6-й серии. Отличительным признаком его являлась подрезка двух нижних ребер гильзы по всей окружности на 6 мм.

На цилиндрах двигателей 12-й серии была введена подрезка только одного нижнего ребра гильзы — признак установки в них подвесного седла клапана выпуска.

У цилиндров двигателей 15-й серии с плавающими седлами клапанов выпуск ребра гильзы не подрезаются.

Для крепления цилиндра к картеру гильза имеет фланец с 16 отверстиями под шпильки. Сверху вокруг отверстий сделаны сферические выточки, в которые устанавливаются стальные сферические шайбы под гайки крепления цилиндра. Наличие сферических шайб исключает возникновение изгибающих усилий в шпильках при их перекосе и деформациях фланца гильзы от действия сил давления газов. Шпильки работают в этом случае только на растяжение, что значительно повышает их надежность. Работа сферической шайбы показана на рис. 3-8. Разъем между фланцами гильзы и картера уплотняется резиновым кольцом.

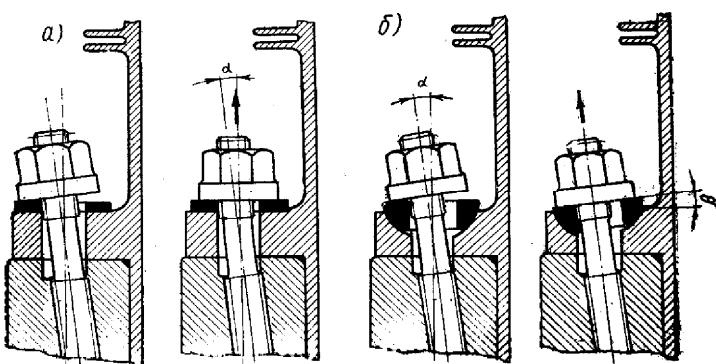


Рис. 3-8. Крепление цилиндра с применением плоских и сферических шайб:

а — крепление с применением плоских шайб (при затяжке гайки перекошенная шпилька изгибается,  $\alpha$  — угол перекоса шпильки); б — крепление с применением сферических шайб ( $\alpha$  — угол перекоса шпильки;  $\beta$  — угол поворота шайбы при затяжке гайки)

Цилиндрическая часть гильзы ниже фланца (юбка) обжимает нижнее поршневое кольцо и направляет поршень, когда он находится в н.м.т., а также центрирует гильзу в окне картера. На нижнем обрезе юбки снаружи сделана фаска, исключающая соприкосновение соседних цилиндров.

\* Процесс азотирования представляет собой вид термохимической обработки поверхностей стальных деталей, заключающийся в насыщении их азотом. Для азотирования деталь помещается в герметически закрытый железный ящик, который в электропечи нагревают до температуры 500—600° С. В ящик из баллона с определенной скоростью подается газообразный аммиак. При температуре 500—600° С аммиак разлагается на азот и водород.

**Дефлекторы цилиндров** служат для того, чтобы направить поток охлаждающего воздуха к менее обдуваемым задним поверхностям головки и гильзы и устраниТЬ возникающую у этих поверхностей малоподвижную зону нагретого воздуха. Дефлекторы повышают интенсивность и равномерность охлаждения цилиндра. Конструкция дефлекторов и схема их расположения на цилиндрах двигателя показаны на рис. 3-9.

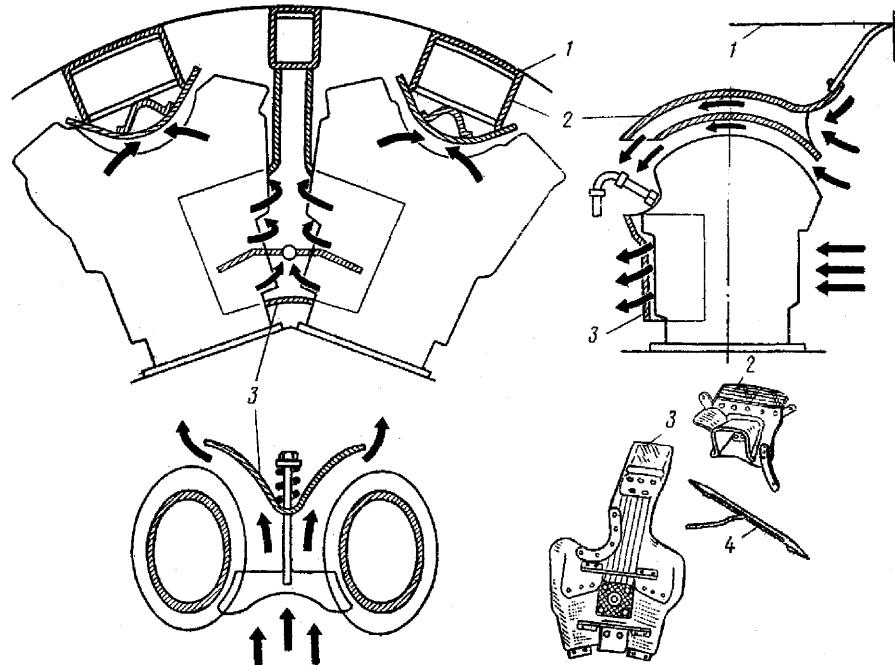


Рис. 3-9. Дефлекторы цилиндров и их расположение:

1 – капот; 2 – дефлектор головки цилиндра; 3 – межцилиндровый дефлектор; 4 – скоба крепления межцилиндрового дефлектора

Каждый цилиндр имеет один дефлектор 2 верхней части головки, который повышает интенсивность охлаждения наиболее нагретой ее части (между клапанными коробками), а также улучшает обдув и охлаждение задней свечи. Межцилиндровые дефлекторы 3 обеспечивают направление воздушного потока к задней части гильз и головок.

Дефлекторы изготовлены из листового дюралюминия. Наружном конце каждого дефлектора верхней части головки имеется стальная упругая пластина, к которой приклепан кожаный козырек. Он плотно прилегает к кольцу капота двигателя и направляет воздух к головкам цилиндров. Все дефлекторы верхней части головки взаимозаменяемы. Каждая из них крепится к головке тремя винтами.

Межцилиндровый дефлектор крепится эластично при помощи скобы 4, устанавливаемой между ребрами гильз двух соседних цилиндров. Эластичность соединения достигается установкой под гайку крепления дефлектора спиральной пружины.

Дефлекторы устанавливают так, чтобы зазор между ними и ребрами в любом месте был равен 2—3 мм. При меньшем зазоре ребра цилиндра и сам дефлектор могут быть повреждены при соприкосновении друг с другом из-за вибрации дефлектора. Большой зазор уменьшает скорость движения воздуха между ребрами, а значит, и интенсивность охлаждения цилиндра, что может привести к перегреву его задней части.

**Ремонтные цилиндры.** Цилиндр подлежит ремонту во всех случаях, когда имеет износ зеркала, превышающий 0,1 мм, овальность, превышающую 0,08 мм, глубокие риски и др. Ремонт производится хонингованием зеркала. Предельное увеличение диаметра цилиндра при этом ремонте 0,15 мм сверх номинала, т. е. до 155,65 мм. При этом глубина слоя азотированной поверхности уменьшается незначительно и свойства его существенно не нарушаются.

Отличительным знаком цилиндра с диаметром, увеличенным на 0,15 мм, является клеймо «+0,15», выбитое на боковой поверхности фланца цилиндра. В таком цилиндре разрешается устанавливать только ремонтные поршневые кольца, увеличенные по диаметру на 0,15 мм.

Практиковавшееся ранее восстановление цилиндров хромированием в настоящее время не производится.

---

Атомы азота проникают в поверхностный слой детали, образуя соединения с железом и легирующими элементами стали (хром, молибден, алюминий, никель и др.). В результате структура этого слоя изменяется, и он приобретает высокую твердость.

## 2. ПОРШЕНЬ

### 2.1. УСЛОВИЯ РАБОТЫ ПОРШНЯ

Поршень служит для передачи сил давления газов на шатун и для герметизации цилиндра. При работе двигателя поршень испытывает высокие тепловые и механические нагрузки.

**Тепловые нагрузки, действующие на поршень.** Поршень непосредственно соприкасается с раскаленными газами и интенсивно от них нагревается. Охлаждение поршня затруднено, так как его диаметр меньше диаметра цилиндра и соприкасаются они только частью боковых поверхностей, да и то через слой масла.

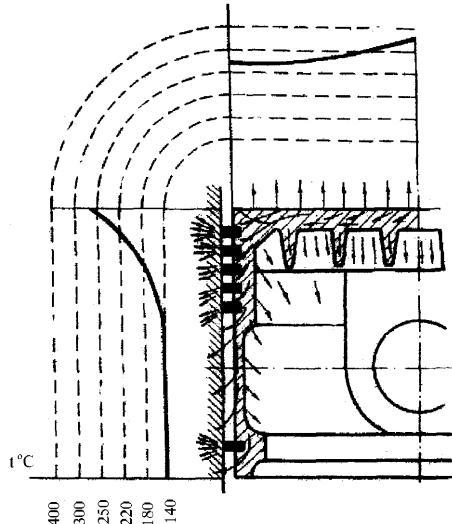


Рис. 3-10. Распределение температуры и направления отвода тепла для поршня двигателя АШ-62ИР

Нагар, образующийся на днище поршня, ухудшает охлаждение его свежей смесью. Вследствие трудностей охлаждения поршня его максимальная рабочая температура в центре днища, откуда отвод тепла наиболее затруднен, достигает 300—330° С.

Температура боковой поверхности поршня по мере удаления от днища резко снижается (на 120—140°). Неравномерный нагрев различных участков поршня вызывает возникновение в нем температурных напряжений.

**Механические нагрузки, действующие на поршень,** определяются величиной сил давления газов  $P_g$ , сил инерции поршня  $P_j$  и силы бокового давления  $N$ .

Силы давления газов прогибают днище поршня. Деформация днища передается жестко связанным с ним бобышкам, которые удаляются от центра поршня. Менее жесткие боковые стенки поршня приближаются к его центру и придают поршню форму овала, вытянутого вдоль оси поршневого пальца. Аналогичные деформации поршень получает в результате нагрева и от действия силы бокового давления  $N$ , деформирующей его боковые стенки. Кроме того, сила  $N$  деформирует и стенки гильзы цилиндра, которые принимают форму овала, вытянутого перпендикулярно оси поршневого пальца.

Совместные деформации поршня и гильзы могут привести к возникновению натяга и даже к заклиниванию, если между ними в нерабочем состоянии не будет требуемого зазора. Необходимость в зазоре обусловлена также и тем, что рабочие температуры и коэффициент линейного расширения дюралюминиевого поршня значительно выше, чем стальной гильзы. Это приводит к относительно большому увеличению диаметральных размеров поршня при нагреве. Для двигателя АШ-62ИР диаметральный зазор между холодными поршнем и гильзой в ее цилиндрической части равен 0,54—1,14 мм.

Из условия работы поршня вытекают требования к его материалу и конструкции: материал должен иметь хорошую теплопроводность, высокие антифрикционные и механические качества и не терять их при нагреве до 350—400°, быть стойким против газовой коррозии и легким. Последнее чрезвычайно важно, так как во многом определяет величину сил инерций, возникающих при работе двигателя.

По конструкции поршень должен быть жестким, прочным, иметь малый вес и малый износ трущихся поверхностей, обеспечивать надежную работу без заеданий при кратковременном перегреве или масляном голодании.

## 2.2.КОНСТРУКЦИЯ ПОРШНЯ

Поршень (рис. 3-11) изготавляется горячей штамповкой из алюминиевого сплава АК-4. Он представляет собой цилиндрический стакан с плоским днищем. С внутренней стороны днище плавно со-пряженено со стенками и имеет ребра, образующие «вафельную» поверхность. Ребра придают днищу необходимую жесткость и улучшают его охлаждение\*. На наружной поверхности днища сделаны две выемки для предупреждения возможности удара поршня о клапаны в момент подхода его к в. м. т.

Поршень имеет две бобышки с отверстиями для поршневого пальца. В отверстиях сделано по кольцевой канавке для пружинных замков поршневого пальца, ограничивающих его осевые перемещения. С внутренней стороны бобышки переходят непосредственно в днище, что значительно повышает его жесткость.

На наружной боковой поверхности поршня расположено шесть канавок под поршневые кольца. Пять из них находятся на верхнем — уплотнительном поясе, шестая — на нижней части юбки. Две первые от днища канавки имеют трапециoidalный, а все остальные — прямоугольный профиль секция. Четвертая и пятая канавки имеют соответственно десять и восемь радиальных отверстий для отвода излишнего масла со стенок гильзы.

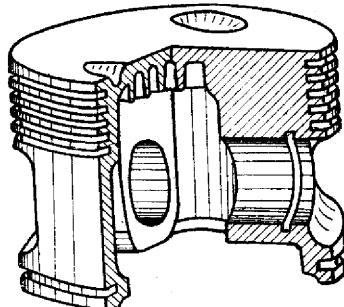


Рис. 3-11. Поршень

Для уменьшения веса, трения и температурных деформаций поршня часть металла с его наружной поверхности, прилегающей к бобышкам и не соприкасающейся в работе с цилиндром, выфрезерована. Юбка поршня несколько удлинена для увеличения рабочих боковых поверхностей. Чтобы исключить возможность соприкосновения поршня с противовесами коленчатого вала, нижняя часть нерабочих участков юбки срезана. Для улучшения теплоотдачи поршня его рабочие поверхности днища полируют, а для облегчения приработки и предотвращения надира при недостаточной смазке они, кроме того, покрываются слоем графита.

Завод-поставщик выпускает поршни, вес которых колеблется в пределах 2150—2170 г. В заводских условиях поршни подбираются по весу так, чтобы разница в весе самого легкого и самого тяжелого поршня в комплекте двигателя была не более 10 г. При замене поршня в эксплуатации разница в весах снятого и устанавливаемого поршней не должна превышать 10 г. При соблюдении этих требований поршни всех цилиндров двигателя взаимозаменяемы

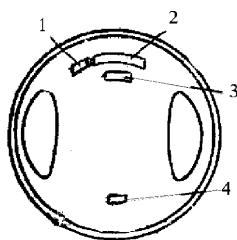


Рис. 3-12. Маркировка поршней:

1 — клеймо увеличения диаметра ремонтного поршня на 0,15 мм; 2 — номер чертежа поршня; 3 — вес поршня; 4 — номер цилиндра

Кроме поршней нормального размера, выпускаются ремонтные поршни с наружным диаметром, увеличенным на 0,15 мм. Такие поршни устанавливаются на ремонтные цилиндры при диаметре гильзы 155,65 мм.

\*Охлаждающий эффект ребер незначителен. Вместе с тем они являются источником концентрации местных напряжений, которые приводят к трещинам в днище поршня. По этой причине у некоторых двигателей (АЗШ-82Т) поршни ребер жесткости не имеют.

В процессе эксплуатации двигателя имели место случаи отгиба верхнего бурта поршня в сторону головки цилиндра (см. п 3.5.). Для устранения этого дефекта на поршнях двигателей, выпускавшихся с октября 1968 г., высота бурта увеличена на 2 мм (8,3 мм вместо 6,3 мм). Этот поршень имеет номер 62-05-13 и может устанавливаться во все цилиндры двигателей всех предшествующих серий. Обратная замена поршней заводом не рекомендуется. Места маркировки поршней показаны на рис. 3-12.

### 3. ПОРШНЕВЫЕ КОЛЬЦА

#### 3.1. УСЛОВИЯ РАБОТЫ ПОРШНЕВЫХ КОЛЕЦ

Поршневые кольца предназначены для герметизации цилиндра. Они исключают возможность интенсивного прорыва газов и горючей смеси из цилиндра в картер и подсоса воздуха и масла из картера в цилиндр.

Поршневые кольца нагреваются от соприкосновения с горячими газами, с поршнем и от трения о стенки цилиндра и поршня. Охлаждение колец затруднено, так как осуществляется только за счет теплопередачи в стенки цилиндра и в омывающее их масло, которые также имеют высокие температуры.

Вследствие этого рабочая температура колец составляет в среднем 200—250°. Внутренние стенки колец имеют еще более высокие температуры. На кольца действуют значительные изгибающие нагрузки, так как в рабочем состоянии они обжаты стенками цилиндра.

Поршневые кольца скользят по зеркалу цилиндра, прижимаясь к нему собственными силами упругости и силами давления газов (см. рис. 3-4). Возникающее в результате этого трение приводит к износу колец.

Для обеспечения длительной и безотказной работы в столь тяжелых условиях поршневые кольца должны быть изготовлены из материала, который обладает хорошей упругостью и достаточной механической прочностью, сохраняет упругость и прочность, будучи длительное время нагретым до температур, достигающих 300°, имеет хорошие антифрикционные свойства и малый коэффициент трения при скольжении по стальной азотированной поверхности в условиях недостаточной смазки.

Последние два требования являются главными и предопределяют выбор чугуна в качестве материала для изготовления поршневых колец. Чугун содержит большое количество графита и поэтому имеет хорошие антифрикционные свойства, жаростоек и практически не теряет упругости при нагреве до 300°. Основной недостаток чугуна — его хрупкость.

**Насосное действие поршневых колец.** Поршневые кольца устанавливаются в канавках поршня с некоторым зазором по высоте и в стыке. Это придает им свойства насоса, непрерывно перекачивающего масло со стенок цилиндра в камеру сгорания. Принципиальная схема насосного действия поршневых колец показана на рис. 3-13.

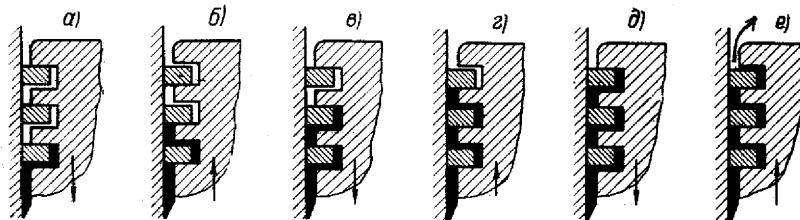


Рис. 3-13. Схема насосного действия поршневых колец

При движении поршня к н. м. т. (рис. 3-13, а) масло, покрывающее стенки цилиндра, соскабливается нижним поршневым кольцом и заполняет зазоры между ним и поршнем. Когда поршень подходит к н. м. т., кольца под действием собственных сил инерции перемещаются в канавках в положение, показанное на рис. 3-13, б. Масло из зазоров между нижним кольцом и поршнем выдавливается в сторону наименьшего противодавления, т.е. в верхнюю часть нижней канавки и в полость между двумя нижними кольцами. Затем, когда поршень подойдет к в. м. т. кольца переместятся под действием сил инерции в положение, (казанное на рис. 3-13, в).

Масло из верхней части нижней канавки поршня выдавливается и заполнит зазоры между вторым кольцом и поршнем. Аналогичные явления будут происходить и при последующих перемещениях поршня (рис. 3-13, г, д, е). Таким образом, каждый раз при подходе к в. м. т. некоторое количество масла вытесняется в камеру сгорания.

Кроме того, масло проникает в камеру сгорания через зазор кольца в стыке. Особенно интенсивно масло по этому пути поступает во время работы двигателя на малом газе, когда в цилиндре создается значительное разрежение.

Количество масла, поступающего в камеру сгорания, зависит от величины зазоров между кольцами и поршнем по высоте и зазоров колец в стыке. При нормальной величине зазоров поступление масла столь незначительно (около 10 см<sup>3</sup> в минуту в каждый цилиндр), что не оказывает существенного влияния на работу двигателя.

Чрезмерное увеличение зазоров приводит к резкому увеличению притока масла в камеру сгорания. В

результате засорения горючей смеси маслом увеличивается нагарообразование в поршневых канавках, на днище поршня, клапанах и стенках головки цилиндра, что вызывает перегрев деталей и снижение мощности двигателя; замасливаются и отказывают в работе свечи, вследствие чего возникает тряска двигателя.

Однако насосное действие поршневых колец имеет и положительное значение. Благодаря нему улучшается подвод масла к верхней части гильзы и охлаждение верхних поршневых колец.

### 3.2. ТИПЫ ПОРШНЕВЫХ КОЛЕЦ, ИХ РАБОТА И РАСПОЛОЖЕНИЕ НА ПОРШНЕ

На каждом поршне двигателя АШ-62ИР устанавливается шесть поршневых колец, из которых три верхних уплотнительные, четвертое и пятое — маслосбрасывающие и шестое — маслосборное. При этом используются кольца трех типов: клиновидное, конусное и кольцо с выточкой — клювовидное. Схема расположения колец на поршне показана на рис. 3-14.

Все кольца изготовлены из хромомиттановольфрамистого чугуна марки ХТВ. На двигателях 15-й серии, выпускаемых с октября 1968 г., в верхнюю канавку поршней цилиндров № 4, 5 и 6 устанавливается вместо чугунного кольца из стали Х-12М. Подобная замена рекомендуется и на всех предшествующих двигателях.

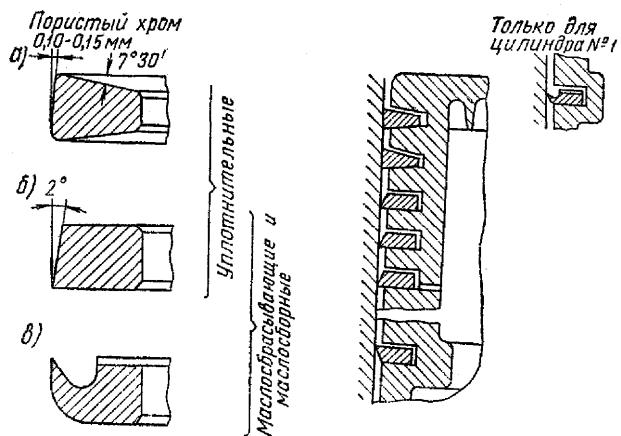


Рис. 3-14. Типы поршневых колец и схема их размещения на поршне:  
а — клиновидное; б — конусное; в — с выточкой (клювовидное)

**Клиновидные кольца** устанавливаются в две верхние канавки поршня. Они обладают хорошими уплотняющими свойствами за счет повышенного удельного давления на стенку гильзы цилиндра, обусловленного наличием дополнительной боковой силы, выжимающей кольцо из канавки при движении поршня (рис. 3-15), и хорошо прирабатываются к гильзе. Благодаря большой поверхности прилегания их к гильзе отвод тепла от наиболее нагретой верхней части поршня значительно улучшается.

Для повышения износостойкости и теплоустойчивости образующей клиновидных колец (чугунных и стальных) покрывается слоем пористого хрома толщиной 0,1—0,15 мм.

**Конусное кольцо** соприкасается с гильзой очень малой поверхностью и оказывает на нее значительное удельное давление от собственных сил упругости. По этой причине оно быстро прирабатывается к гильзе и имеет хорошие уплотняющие свойства. В качестве уплотнительного это кольцо устанавливается в третью канавку вершиной конуса к днищу.

Положительной особенностью конусного кольца является то, что при ходе поршня к в. м. т. оно оставляет слой масла на стенке гильзы. Это улучшает смазку трущихся поверхностей следующих за ним колец.

В качестве маслосбрасывающих конусные кольца устанавливаются в четвертую и пятую канавки поршня. При движении поршня к н. м. т. они соскабливают масло с зеркала гильзы, уменьшая поступление его в камеру сжатия. Если кольцо установлено конусом вниз, то оно, наоборот, оставляет масло на стенке цилиндра при ходе поршня к н. м. т. и собирает его, направляя в зазор между поршнем и гильзой, когда поршень движется к в. м. т. В этом случае оно работает как маслосборное и устанавливается в шестой канавке поршней всех цилиндров, кроме первого.

Совместное действие маслосбрасывающих и маслосборного колец обеспечивает подкачу масла в зазор между юбкой поршня и гильзой цилиндра при ходе поршня как к в. м. т., так и к н. м. т. (рис. 3-16). В результате возникает несущий гидродинамический слой масла между гильзой и юбкой поршня, исключающий непосредственное касание их металлических поверхностей и уменьшающий их износ.

Избыток масла из этого зазора удаляется в картер через отверстия в четвертой и пятой канавках поршня.

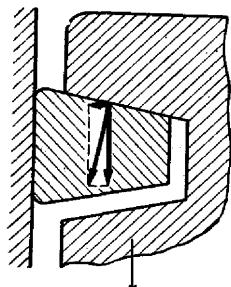


Рис. 3-15. Возникновение дополнительной боковой силы у клиновидного кольца

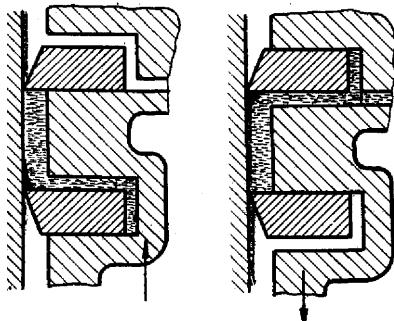


Рис. 3-16. Совместная работа маслосбрасывающего и маслосборного поршневых колец

**Ключевидное кольцо**, или кольцо с выточкой, имеет более острую рабочую кромку, чем конусное, и лучше сосабливает масло со стенки гильзы. Оно устанавливается в шестой канавке только первого цилиндра, обращено «ключом» к днищу поршня и работает как маслосборное.

Установка ключевидного кольца в первом цилиндре, который наиболее нагружен силами бокового давления поршня и имеет худшие условия смазки, вызвана стремлением улучшить подкачку масла в зазор между юбкой поршня и гильзой. Подкачка масла обеспечивается также и при ходе поршня к н. м. т. благодаря выфрезеровкам на верхней плоскости кольца.

Большое влияние на работу двигателя оказывает взаимное расположение стыков поршневых колец. Стыки соседних колец должны быть достаточно удалены один от другого и распределены равномерно по окружности поршня. Нельзя устанавливать стык верхнего кольца против свечи, так как это приведет к забрасыванию её электродов маслом, поступающим в камеру сгорания через зазор в стыке. Рекомендуемый порядок расположения стыков указан на рис. 3-17.

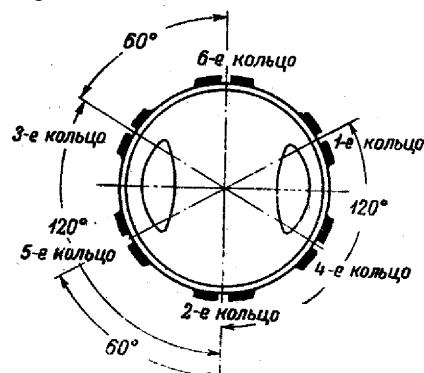


Рис. 3-17. Взаимное расположение стыков поршневых колец

Относительное расположение стыков поршневых колец не остается постоянным, так как они в процессе работы двигателя перемещаются в канавках по окружности. Перемещение обусловлено упругостью отдельных участков колец, неравномерным прилеганием их к стенкам канавок поршня и неравномерным износом. Схождение стыков верхних колец приводит к замасливанию свечей и тряске двигателя из-за отказа их в работе. Особенно сильно свеча замасливается в том случае, когда совместившиеся стыки колец расположены вблизи неё.

Этим объясняется появляющаяся иногда в эксплуатации характерная неисправность — тряска двигателя, даже нового, при переключении магнето. Через некоторое время неисправность исчезает сама собой.

Изготавливаются кольца из цилиндрических болванок, отлитых центробежным способом. Окончательно механически обработанные кольца проходят термофиксацию, после чего они имеют в свободном состоянии

зазор в стыке 23—24 мм, а при обжатии до рабочего зазора приобретают требуемую упругость\*.

Для предохранения от коррозии поверхности всех колец (кроме рабочих у клиновидных колец) оксидированы\*\*. На всех кольцах, кроме клиновидного и с выточкой, кислотой нанесено клеймо «Верх», номер кольца и ряд других заводских клейм.

### 3.3. ПОДБОР ПОРШНЕВЫХ КОЛЕЦ К ПОРШНЮ И ЦИЛИНДРУ

Каждое поршневое кольцо подбирается к поршню по величине его зазора по высоте  $A$  в канавке поршня и к цилиндру — по величине зазора кольца в стыке  $B$  (рис. 3-18). Величина этих зазоров для различных колец дана в табл. 3-1.

Зазор по высоте у клиновидного кольца промеряется при обжатии его до диаметра образующей поршня. Он должен находиться в пределах 0,03—0,14 мм для поршней с усиленным буртом и 0,075—0,175 мм для поршней более раннего выпуска. Как видно из таблицы, допустимые отклонения величин зазоров очень малы. Это обусловлено тем, что величина зазоров влияет на работу двигателя.

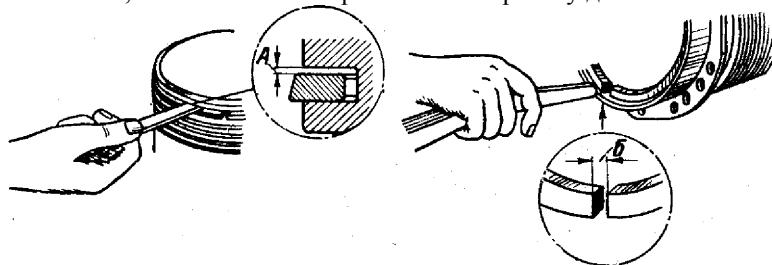


Рис. 3-18. Измерение зазоров поршневых колец

Слишком малый зазор по высоте приводит к уменьшению подвижности кольца в радиальном направлении в канавке, как только в ней накапляются отложения нагара от сгоревшего масла. В результате давление кольца на стенки гильзы уменьшается и возникают местные прорывы газов, вызывающие прогар кольца и поршня. Слишком большой зазор по высоте приводит к увеличению насосного действия кольца и к повышенному расходу масла за счет сгорания его в цилиндре.

Зазор по высоте должен быть равномерным по всей окружности кольца, так как в противном случае ухудшается прилегание кольца к поршню и отвод через него тепла от поршня к гильзе. Само кольцо при этом нагревается неравномерно, деформируется и быстрее изнашивается.

Если кольцо имеет малый зазор в стыке, то в результате большого диаметрального расширения его по сравнению с гильзой при нагреве зазор вообще может устраниться и кольцо сломается.

Таблица 3-1.

№ канавки поршня	Тип кольца	№ кольца	Зазор «Б» в цилиндрической части гильзы, мм	Зазор «Б» в суженной части гильзы, мм	Боковой зазор «А», мм
1 и 2	Уплотнительное клиновидное чугунное (все цилиндры, кроме № 4, 5, 6)	62-05-01	1,6 — 1,7	—	—
1	Уплотнительное клиновидное стальное (цилиндры № 4, 5, 6)	131 527	1,7 — 1,8	0,75	—
3	Уплотнительное конусное	62-05-03	1,5 — 1,65	0,55 — 0,75	0,15 — 0,2
4 и 5	Маслосбрасывающее конусное	62-05-03	1,5 — 1,65	0,55 — 0,75	0,28 — 0,33
5	Маслосборное конусное (кроме цилиндра № 1)	62-05-04	0,55 — 0,75	0,55 — 0,75	0,8 — 0,13
6	Маслосборное с выточкой (только для цилиндра № 1)	62-05-05	0,55 — 0,75	—	0,01 — 0,14

\* Упругость поршневых колец измеряется на ленточных весах после окончательной механической и термической обработки. Упругость оценивается по величине усилия, необходимого для обжатия их до диаметра 155,5 мм. Это усилие для всех колец, кроме клювовидного, составляет 3,4—4,3 кгс, для клювовидного — 1,8—2,3 кгс.

\*\*Оксидирование (воронение) — обработка детали в химических растворах, вызывающих окисление поверхности металла и создающих на ней защитную противокоррозионную пленку золотистого цвета

Чрезмерно большой зазор в стыке приводит к повышенной перекачке масла в камеру сгорания (особенно в такте впуска при работе двигателя на малых оборотах) и к интенсивному прорыву газов в картер.

Величина зазоров в стыках колец в цилиндрической части гильзы, указанные в табл. 3-1, даны для цилиндров, имеющих деформационное сужение 0,3—0,5 мм. При меньшем деформационном сужении соответственно должен быть уменьшен и зазор в стыке. Так как фактическую величину деформационного сужения цилиндра в условиях эксплуатации не всегда можно определить, то во всех случаях подбора колец к уже работавшим цилиндрам целесообразно измерять зазоры в стыках по месту каждого кольца в суженной части гильзы при положении поршня в в. м. т. Этот зазор для всех колец должен быть равен 0,55—0,75 мм.

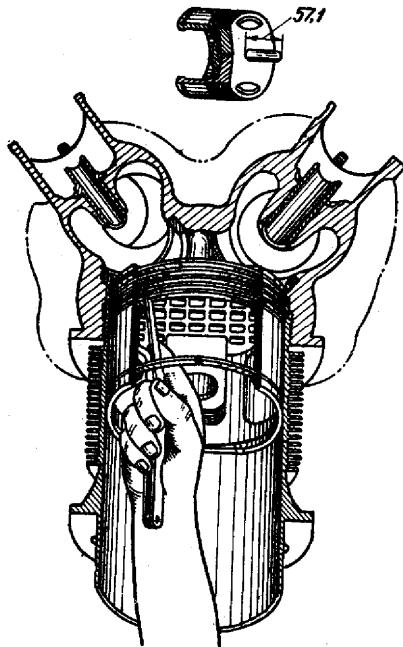


Рис. 3-19. Приспособление для измерения зазоров поршневых колец в стыке при положении поршня в в.м.т.

Для измерения зазоров в стыках пользуются приспособлением, показанным на рис. 3-19.

Кольца монтируют на приспособлении (поршень с частично удаленной боковой поверхностью и ввернутым в днище штифтом, высотой 57,1—<sup>0,25</sup> мм), вводят его в требуемый цилиндр до упора штифта в головку цилиндра и щупом замеряют зазоры колец в стыках. Если зазор мал, нужно кольцо снять и подпилить его стык, если зазор велик, кольцо необходимо заменить.

#### 4. ПОРШНЕВОЙ ПАЛЕЦ

Поршневой палец служит для соединения поршня с шатуном. Через поршневой палец передаются на шатун силы давления газов, а также силы инерции и бокового давления поршня. Все они периодически меняются по величине и направлению, действуют в различных плоскостях. При этом поршневой палец работает на изгиб и напряжения значительно изменяются как по величине, так и по направлению. Кроме того, поршневой палец подвержен износу от трения о втулку верхней головки шатуна.

Поршневой палец изготовлен из высококачественной стали. Для повышения твердости и износостойчивости все его поверхности цементированы на глубину 0,6—0,9 мм и тщательно механически обработаны.

Посадка пальца в бобышке поршня выбрана таким образом, чтобы в холодном состоянии зазор равнялся 0,00—0,045 мм. При нагревании поршня зазор увеличивается. Это позволяет пальцу во время работы проворачиваться в бобышках поршня, благодаря чему поверхность пальца изнашивается медленнее и равномернее. Преимуществом гарантированного зазора является также и то, что наибольшим напряжениям попеременно подвергаются все участки пальца, что уменьшает усталость материала и предупреждает его преждевременное разрушение. Кроме того, наличие зазора способствует проникновению масла к поверхностям трения.

От продольных перемещений поршневой палец фиксируется двумя замками, представляющими собой стальные пружинные разрезные кольца, изготовленные из проволоки прямоугольного сечения. Концы колец для удобства постановки в канавки поршня и извлечения из них отогнуты внутрь. Все трещущиеся поверхности поршневого пальца смазываются маслом посредством барботажа.

## **5. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ДЕТАЛЕЙ ЦИЛИНДРО-ПОРШНЕВОЙ ГРУППЫ**

### **5.1. ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ДЕТАЛЕЙ ЦПГ**

Для обеспечения продолжительной и надежной работы деталей ЦПГ необходимо строго соблюдать правила технического обслуживания и эксплуатации, установленные регламентом и технологией технического обслуживания, а также инструкциями по технической и летной эксплуатации двигателя.

Эти правила обеспечивают:

- надежную работу всех соединений и деталей ЦПГ, доступных для внешнего осмотра;
- периодическую проверку состояния деталей ЦПГ, недоступных для внешнего осмотра;
- предотвращение недопустимо высоких механических нагрузок на детали ЦПГ, способных вызвать их разрушение;
- нормальный режим смазки, исключающий повышенный износ и задир трущихся поверхностей деталей;
- температурные режимы двигателя, при которых ЦПГ имеют допустимые рабочие температуры.

#### **1) Надежная работа всех соединений и деталей ЦПГ, доступных для внешнего осмотра,**

обеспечивается их периодической проверкой и своевременным устранением обнаруженных неисправностей. Проверка производится при каждом послеполетном обслуживании и при обслуживании через каждые 50 ч работы двигателя. Осмотре подвергаются:

- головки цилиндров — на отсутствие трещин и поломок ребер, перегрева головок, прорыва газов через резьбовое соединение головки с гильзой. Перегрев головки определяется по наличию пузырей, трещин, отслаивания и шелушения краски на ребрах, а прорыв газов — по наличию отложений копоти на верхнем ребре гильзы и на силовом ребре головки;
- соединение впускных труб с головками цилиндров — на надежность проволочной контровки винтов крепления фланцев труб и на герметичность соединения. Нарушение герметичности определяется по налету красного цвета, образующемуся на соединении от выбивания смеси при работе двигателя с наддувом, превышающим атмосферное давление;
- соединение выхлопных патрубков с головками цилиндров — на отсутствие прогара медно-асбестовых прокладок. Прогар прокладка определяется по ее состоянию и обгоранию краски на прилегающих к выпускному патрубку поверхностях головки цилиндра;
- соединение кожухов тяг с головками цилиндров — на надежность проволочной контровки гаек крепления кожухов и на герметичность соединения. Герметичность соединения определяется по отсутствию следов подтекания масла на кожухе;
- дефлекторы — на надежность их крепления (проверяется покачиванием дефлектора рукой), наличие зазора между дефлекторами и ребрами цилиндров (2—3 мм) отсутствие трещин дефлекторов;
- клапанные коробки, крышки коробок и их соединения — на отсутствие трещин крышек, течи масла из-под них, а также из-под гаек и головок болтов рычагов клапанов;
- контргайки крепления цилиндров к картеру — наличие их и затяжка на шпильках;
- соединение цилиндров с картером — на отсутствие подтекания масла из-под фланцев цилиндров в результате потери упругости резиновых уплотнительных колец от действия на них горячего масла.

#### **2) Периодическая проверка состояния деталей ЦПГ, недоступных для внешнего осмотра (поршней, поршневых колец, зеркала гильз цилиндров),** проводится только по косвенному показателю, которым является величина компрессии в цилиндрах.

Компрессия проверяется с помощью манометра через каждые 100 ч работы двигателя. Для этого из всех цилиндров вывертываются передние свечи и в свечное отверстие проверяемого цилиндра устанавливается приспособление с манометром. Воздушный винт проворачивается по ходу до начала такта сжатия в этом цилиндре\*, после чего винт проворачивается сначала на 20—30° против хода, а затем резким рывком — по ходу до преодоления компрессии. Наибольшее отклонение стрелки манометра показывает величину компрессии. Нормальной считается компрессия не менее 3 кгс/см<sup>2</sup>.

Величина компрессии является весьма условным показателем состояния деталей ЦПГ. Даже при значительном износе гильзы цилиндра, износе и потере упругости поршневых колец и при повышенном вследствие этого расходе масла компрессия уменьшается незначительно и, как правило, не выходит за пределы минимально допустимой величины. Только при очень сильном износе поршневых колец, сопровождающемся недопустимо большим расходом масла, когда двигатель не может работать нормально из-за замасливания свечей, величина компрессии падает ниже 3 кгс/см<sup>2</sup>. Обычно же падение компрессии чаще всего является следствием неплотного прилегания клапанов к седлам

О состоянии поршневых колец, поршней и гильз цилиндров можно судить также и по некоторым характерным внешним признакам работы двигателя. К их числу относятся:

- повышенный расход масла (больше 8—10 л/ч) вследствие пропуска его в камеру сгорания поршневыми кольцами нескольких цилиндров одновременно. Неисправность сопровождается тряской двигателя из-за замасливания свечей;

— тряска двигателя из-за замасливания свечей в одном или двух цилиндрах вследствие пропуска масла поршневыми кольцами. Расход масла при этом обычно не выходит из пределов нормы (5—6 л/ч).

В обоих случаях следует предварительно убедиться в том, что масло не попадает в цилиндры через направляющие клапанов или уплотнение нагнетателя (см. пособие по теме 8).

— появление на фильтре МФМ-25 блесток или стружки белого цвета. Наличие их обычно свидетельствует о начале задира поршней\*\*:

— выброс масла через систему суфлирования (при нормальной заправке маслобака и нормальной температуре масла) и подтекание его через разъемы картера. Неисправность указывает на повышенное давление в картере вследствие интенсивного прорыва в него газов через поршневые кольца.

**3) Недопустимо высокие механические нагрузки на детали ЦПГ, способные вызвать их разрушение, предотвращаются при строгом выполнении правил, имеющих целью:**

— устранить возможность гидравлического удара в цилиндрах двигателя;

— ограничить время работы двигателя на взлетном режиме и при числе оборотов и давлении наддува, превышающих максимально допустимые значения;

— исключить возможность работы двигателя с детонацией.

Гидроудар обычно происходит при запуске двигателя после длительной стоянки в результате скопления масла и бензина в нижних цилиндрах (четвертом, пятом и шестом). Масло проникает в цилиндр через зазоры поршневых колец. Бензин попадает через впускные трубы в случае перезаливки (см. пособие по теме 10) двигателя или негерметичности игольчатого клапана карбюратора при неисправном комбинированном клапане (см. пособие по теме 11).

Некачественная расконсервация двигателя также может привести к гидроудару.

Гидроудар можно определить по резкой (на мгновение) остановке винта в момент запуска после чего двигатель продолжает нормально работать. Следствием гидроудара является разрушение шатуна, головки цилиндра и, следовательно, отказ двигателя.

Шатун разрушается обычно не сразу после гидроудара. Сначала он изгибаются. Обрыв может произойти даже через несколько десятков часов после гидроудара. Погнутый шатун выламывает нижние части юбок цилиндра, в котором он установлен, и у соседнего с ним цилиндра, кусочки которых попадают в масляный отстойник.

Чтобы предотвратить гидроудар, необходимо, проворачивая коленчатый вал вручную за винт при выключенном зажигании во время подготовки двигателя к запуску, удалить из камер сгорания цилиндров жидкость или убедиться в ее отсутствии.

Если двигатель не запускался более 10 дней и во всех случаях, когда для проворачивания винта требуется большое усилие, необходимо вывернуть передние свечи четвертого, пятого и шестого цилиндров, пробки сливных отверстий впускных труб четвертого и пятого цилиндров; провернуть винт на пять — восемь полных оборотов, дать стечь жидкости из цилиндров и впускных труб, повернуть винт еще на шесть — восемь оборотов и установить свечи.

Перед каждым запуском двигателя следует проворачивать винт не менее чем на пять-шесть оборотов летом и не менее чем на десять оборотов зимой. Если для проворачивания винта требуются большие усилия, необходимо вывернуть передние свечи четвертого, пятого и шестого цилиндров и дать стечь скопившейся в цилиндрах жидкости.

Перед запуском двигателя после кратковременной стоянки самолета необходимо провернуть винт на два — три оборота. Необходимо проворачивать винт на три-четыре оборота и перед каждой новой попыткой запустить двигатель после неудавшегося запуска.

**При температуре головок 80° и выше проворачивать винт запрещается.**

Гидроудар в момент запуска двигателя может произойти и от перезаливки бензином нижних цилиндров.

Причины перезаливки:

— интенсивное пользование насосом приемистости или заливным шприцем для поддержания устойчивой работы двигателя сразу после запуска. Для исключения перезаливки не разрешается интенсивно пользоваться насосом приемистости. Следует делать не больше чем два — три полных плавных качка поршнем насоса приемистости (сектором газа). Устойчивая работа двигателя должна поддерживаться плавными качками заливного шприца;

— подсос бензина в нагнетатель через открытый заливной шприц при работе двигателя на малом газе. Для исключения этого необходимо сразу после начала устойчивой работы двигателя шприц закрыть;

\*Начало сжатия определяется по увеличению сопротивления вращению винта и по началу отклонения стрелки манометра.

\*\*Белые блестки и стружка на фильтре МФМ-25 могут быть также при износе гибких шлангов подогревателя воздуха, поступающего в карбюратор, и при задире подшипников приводов агрегатов.

— переполнение нагнетателя бензином в результате негерметичности или заедания игольчатого клапана карбюратора в открытом положении. Для исключения этого при подготовке к запуску необходимо создать ручным насосом топливной системы давление бензина перед карбюратором  $0,3\text{--}0,4 \text{ кгс}/\text{см}^2$ , закрыть кран топливной системы и убедиться в отсутствии падения давления бензина и течи его из комбинированного клапана нагнетателя.

Наличие течи бензина из комбинированного клапана и падение давления бензина указывают на негерметичность или заедание игольчатого клапана карбюратора в открытом положении. В этом случае подготовку к запуску двигателя следует прекратить, так как запуск с этой неисправностью может привести к гидроудару.

Если перед запуском двигателя нагнетатель перезалил, то бензин может скопиться во впускной трубе четвертого цилиндра даже тогда, когда открыт клапан впуска. При запуске двигателя скопившийся бензин переносится потоком смеси в цилиндр и может привести к гидроудару. Чтобы избежать этого, необходимо во всех случаях перезаливки двигателя вывернуть сливную пробку из впускной трубы четвертого цилиндра и слить из нее бензин; после постановки пробки на место провернуть винт на пять-шесть оборотов.

Недопустимо высокие нагрузки возникают и при работе двигателя на форсированных режимах. С целью ограничить время работы на этих режимах запрещается:

- пользоваться взлетным режимом непрерывно более 5 мин в полете и 5 сек при пробе двигателя на земле;
- допускать давление наддува на взлетном режиме выше  $1\ 050 \text{ мм рт. ст.}$ ;
- превышать максимально допустимое число оборотов двигателя 2350 в минуту более чем на 30 сек.

Чтобы исключить возможность работы двигателя с детонацией, правилами эксплуатации двигателя предусматривается:

- использование только установленных для двигателя сортов бензина;
- ограничение максимально допустимой температуры головок цилиндров в полете. Она должна быть не выше  $245^\circ \text{ С}$ . Предельно допустимое время работы двигателя при этих температурах—5 мин на взлете и 15 мин на других режимах полета;
- применение впрыска воды при эксплуатации двигателя в условиях жаркого климата (на самолетах Ли-2).

**4) Нормальный режим смазки, исключающий повышенный износ и задир трущихся поверхностей деталей ЦПГ, обеспечивается выполнением следующих правил:**

- a) использованием только установленных сортов масел.  
Масло должно быть хорошо профильтровано и залито в бак через металлический сетчатый фильтр, имеющий 625 отверстий на  $1 \text{ см}^2$  (сетка № 40). Замена масла в баке должна производиться через каждые 100 ч;
- б) при температурах наружного воздуха ниже  $0^\circ \text{ С}$  масло должно быть подогрето перед заправкой в бак до  $75\text{--}85^\circ \text{ С}$  или в баке до  $15^\circ \text{ С}$ . Если температура наружного воздуха ниже  $-5^\circ \text{ С}$ , масло разжижают бензином перед выключением двигателя после полета.  
Запуск двигателя с холодным неразжиженным маслом приводит к недостаточному поступлению масла на рабочие поверхности гильз цилиндров и, как следствие, к повышенному износу поршневых колец, поршней и самих гильз;
- в) при подогреве двигателя зимой перед запуском нельзя допускать перегрева цилиндров, так как это приводит к отеканию масла со стенок гильз и к сухому трению поршневых колец и поршней о гильзы в первый момент запуска двигателя. Нельзя также допускать неоднократного подогрева двигателя без последующего запуска, так как при этом масло постепенно стекает со стенок цилиндра;
- г) если двигатель не запускался долгое время, необходимо предварительно смазать трущиеся поверхности деталей ЦПГ. Для этого вывертывают передние свечи и шприцем со сферическим разбрзгивателем вводят в каждый цилиндр 30—50 г масла, нагретого до  $75\text{--}85^\circ \text{ С}$ .

Предварительно смазывают:

- все цилиндры, если двигатель не запускался более семи суток. В этом случае после зашприцовки масла необходимо провернуть винт не менее чем на 30 полных оборотов;
- цилиндры № 1, 2 и 9, если двигатель не запускался более 24 ч. В этом случае после зашприцовки масла винт необходимо провернуть не менее чем на десять оборотов.

Предварительная смазка улучшает условия трения поршней и поршневых колец о гильзы цилиндров в момент запуска и в первые минуты работы двигателя после запуска, когда на трущиеся поверхности поступает недостаточное количество масла;

- д) при запуске любым способом нельзя перезаливать двигатель бензином. Большое количество бензина, попавшего в цилиндры, особенно в верхние, смывает масло со стенок гильз, что приводит к сухому трению и к интенсивному износу цилиндров, поршней, поршневых колец, а также к их задиру;
- е) после трех-четырех неудачных попыток запустить двигатель необходимо зашприцевать по 40—50 г горячего масла в каждый цилиндр;

ж) если после запуска давление масла будет меньше  $2 \text{ кгс}/\text{см}^2$ , то двигатель необходимо остановить, так как в этом случае на все трущиеся детали двигателя, в том числе и на стенки цилиндров, масло поступает в недостаточном количестве;

з) как только давление масла после запуска двигателя повысится до  $4—5 \text{ кгс}/\text{см}^2$ , необходимо выдержать в течение 2—3 мин режим  $800 \text{ об}/\text{мин}$ , после этого постепенно увеличивать число оборотов до 1 300—1 500 в минуту и на этих оборотах вести прогрев. Работа двигателя более чем на  $1 500 \text{ об}/\text{мин}$  до полного его прогрева (температура масла  $50^\circ \text{ С}$  и головок цилиндров  $120^\circ \text{ С}$ ) не допускается, так как это может привести к задирам поршневых колец и гильз цилиндров вследствие недостаточной смазки;

и) при работе двигателя на земле и в полете не допускать его перегрева, т. е. повышения температуры масла и головок цилиндров выше максимально допустимой. Перегретое масло теряет вязкость и смазывающие свойства, что приводит к сильному износу и задирам деталей ЦПГ;

к) нельзя останавливать двигатель до тех пор, пока он не будет охлажден до температуры головок цилиндров  $140—160^\circ \text{ С}$ . При остановке горячего двигателя масло стекает со стенок гильз цилиндров, что приводит к сухому трению колец и поршней о гильзы при последующем запуске двигателя;

л) необходимо регулярно проворачивать рукоятку фильтра МФМ-25 и промывать его для удаления грязи с фильтрующего элемента. Засорение фильтра приводит к тому, что в двигатель начинает поступать грязное нефильтрованное масло, это приводит к быстрому износу деталей ЦПГ.

**5) Нормальный температурный режим деталей ЦПГ** обеспечивается соблюдением приведенных выше правил, исключающих работу двигателя с детонацией, перегревом масла и ограничивающих продолжительность его работы на форсированных режимах.

На охлаждение двигателя сильно влияет состояние поверхностей охлаждающих ребер цилиндров. Наличие на них масла, пыли и грязи ухудшает охлаждение цилиндра. Поэтому их необходимо систематически очищать и промывать керосином.

Следует помнить, что перегрев цилиндров и перегрев масла тесно взаимосвязаны. Одно неизбежно влечет за собой другое.

## 5.2. ЗАМЕНА ДЕТАЛЕЙ ЦИЛИНДРО-ПОРШНЕВОЙ ГРУППЫ

При замене деталей цилиндро-поршневой группы необходимо строго соблюдать следующие основные правила.

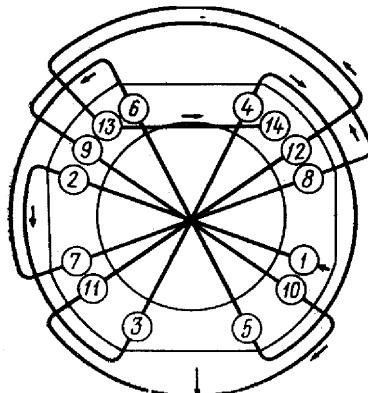


Рис. 3-20. Последовательность затяжки гаек крепления цилиндра

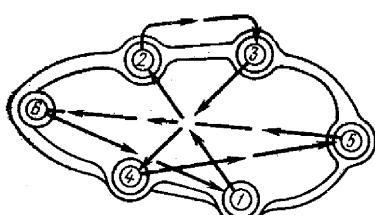


Рис. 3-21. Последовательность затяжки гаек крепления крышки клапанной коробки

1. После снятия цилиндра на шпильки его крепления нужно установить металлический кожух с днищем, предохраняющий от попадания в картер посторонних предметов и пыли.

2. После снятия цилиндра нельзя проворачивать винт, так как это вызывает поломку колец на поршне снятого цилиндра.

3. Если снимаются несколько цилиндров, то цилиндр №1 снимается последним. При снятии цилиндра №1 поршень в цилиндре №3 необходимо поставить в в. м. т. и после этого винт не проворачивать. Тогда главный шатун будет иметь среднее отклонение от оси цилиндра.

Если же его отклонить на большую величину, то поршни в пятом и шестом цилиндрах могут пройти н. м. т., их маслосборные кольца выйдут из цилиндров что может привести к их поломке.

4. Гайки крепления цилиндра надо затягивать в два-три приема, в последовательности, указанной на рис. 3-20. Пластиначатые контргайки навертываются от руки до упора, после чего затягиваются ключом на  $1/4$ — $1/3$  оборота.

5. Перед установкой нового поршня его необходимо подобрать по весу и по диаметральным зазорам. Вес нового поршня не должен отличаться от веса снятого поршня больше чем на 10 г. Диаметральный зазор между поршнем и цилиндром должен быть 0,54—1,14 мм.

6. Если вместо снятого цилиндра устанавливается ремонтный, то и поршень должен иметь ремонтные размеры.

7. Если цилиндр новый и заведомо известно, что он имеет деформационное сужение гильзы, равное 0,3—0,5 мм, то подгонку зазора в стыке надо производить по цилиндрической части гильзы (рис. 3-18). Величины зазоров должны соответствовать данным табл. 3-1.

Если устанавливается ремонтный цилиндр и величина деформационного сужения гильзы неизвестна, то подгонку зазора в стыке следует производить по суженной части гильзы, пользуясь приспособлением, показанным на рис. 3-19. Величина зазоров у всех колец должна быть при этом 0,55—0,75 мм.

8. При установке цилиндра поршневые кольца надо обжимать специальной манжетой. Нижнее маслосборное кольцо обжимается вручную.

9. После окончания монтажа цилиндра на двигатель нужно проверить зазоры между роликами рычагов и штоками клапанов, заменить прокладки под крышками клапанных коробок и затянуть гайки крепления крышек в последовательности, указанной на рис. 3-21.

### 5.3 . ПРИРАБОТКА ДЕТАЛЕЙ ЦИЛИНДРО-ПОРШНЕВОЙ ГРУППЫ ПОСЛЕ ИХ ЗАМЕНЫ

После замены поршневых колец, поршней или цилиндров должна быть произведена их приработка. Перед запуском двигателя для приработки в цилиндры № 1, 2 и 9, а также в цилиндры, которые заменялись или в которых заменены поршневые кольца или поршни, вводят по 30—40 г чистого горячего масла. Приработка производится в течение 35 мин. Режимы работы двигателя при приработке приведены в таблице 3-2.

Таблица 3-2.

Число оборотов коленчатого вала, об/мин	800— 1000	120 0	140 0	160 0
Продолжительность работы двигателя, мин	10	10	10	5

Во время приработки температура головок не должна превышать 200° С, а температура масла на входе в двигатель 60—70° С. Лопасти винта должны быть установлены на малый шаг.

При высокой температуре наружного воздуха приработка производится со снятыми капотами двигателя. Если температура головок и масла превышает указанные выше значения, двигатель необходимо остановить и приработку производить в несколько приемов.

После приработки надо остановить двигатель, снять фильтр МФМ-25 и слить масло из маслостойника через сетку, имеющую 400—576 отверстий на 1 см<sup>2</sup>. Если на фильтре и на сетке не обнаружено стружки и блесток, поставить фильтр на место, запустить двигатель и опробовать его на всех режимах в соответствии с инструкцией по эксплуатации. После опробования снова осмотреть фильтр; если он чист, то двигатель считается исправным.

При одновременной замене четырех и более цилиндров, а также поршней или комплектов поршневых колец время приработки удваивается, после чего работа двигателя проверяется в воздухе.

### 5.4. НЕИСПРАВНОСТИ ДЕТАЛЕЙ ЦИЛИНДРО-ПОРШНЕВОЙ ГРУППЫ, ИХ ПРИЗНАКИ, УСТРАНЕНИЕ И ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Все неисправности деталей ЦПГ можно разделить на две основные группы: I — внешние повреждения цилиндров и нарушение соединений различных деталей с цилиндрами; II — неисправности поршней, поршневых колец и зеркала цилиндров.

#### I группа неисправностей

1) **Трещины и поломки охлаждающих ребер головок цилиндров.** Причина — механические повреждения при техническом обслуживании или перегрев цилиндров. На ребрах допускаются трещины глубиной не более 3/4 высоты ребра от его вершины. Неисправность устраняется путем выборки металла на

участке ребра с трещиной,

Переход от выборки к контуру ребра должен быть плавным (рис. 3-22). Трещины и поломки в одном месте допускаются не более чем на пяти смежных ребрах. Нарушение этого условия приводит к местному перегреву головка из-за уменьшения поверхности охлаждения в результате выборки металла при устранении неисправности.

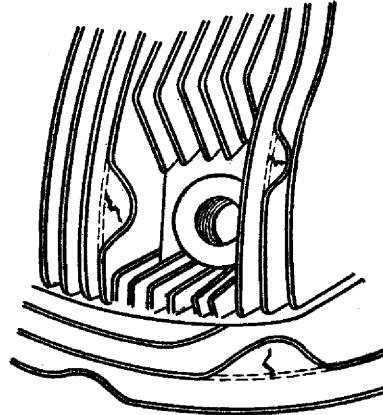


Рис. 3-22. Удаление участков поврежденных ребер головки цилиндра

Если выборки расположены в разных местах головки, их количество допускается до 15. При этом уменьшение охлаждающей поверхности ребер не должно превышать 1% от общей охлаждающей поверхности ребер головки цилиндра (около  $125 \text{ см}^2$ ). Уменьшение охлаждающей поверхности подсчитывается как удвоенная площадь выборок.

При наличии трещин или поломки ребер головки, доходящих до ее тела, трещин или поломки силового ребра, трещин в теле головки и гильзы цилиндр подлежит замене. Для предупреждения неисправности необходимо соблюдать осторожность при техническом обслуживании двигателя (не ударять по ребрам) и не допускать его перегрева.

**2) Трещины в головках цилиндров.** Они обычно начинаются от гнезда свечи и развиваются в сторону седел клапанов. Причина неисправности — пороки литья, большая неравномерность нагрева верхней части головки и недостаточная жаропрочность ее материала. Кроме этих конструктивно-технологических причин, появлению трещин головок цилиндров способствует перегрев двигателя по любой причине, перегрузка их в результате гидроудара, чрезмерная затяжка свечей, нарушение технологии по замене свечных втулок при ремонте цилиндров.

Трещины в головках цилиндров развиваются медленно и легко могут быть обнаружены при контроле состояния цилиндров невооруженным глазом.

Наличие трещин определяется по следам прорыва газов или подтекания масла, шипению при проворачивании воздушного винта, тряске двигателя при его опробовании.

Для устранения причин, способствующих образованию трещин в головках цилиндров, необходимо не допускать перегрева двигателя в полете, остановки его без предварительного охлаждения. Следить за чистотой поверхности и сохранностью охлаждающих ребер головки, строго соблюдать правила постановки и снятия свечей зажигания, а также правила запуска двигателя.

С целью уменьшения возможности появления трещин в теле головки и ее ребрах на двигателях с 15-й серией произведено утолщение стенки перемычки между седлами клапанов на 7 мм. Высота средних вертикальных ребер головки увеличена на 11,3 мм. В связи с этим изменена конструкция дефлектора головки цилиндра (см. поз. 2 рис. 3-9). Эти дефлекторы не взаимозаменяемы с дефлекторами двигателей предшествующих серий.

Усиление головки привело к уменьшению количества случаев ее разрушения, но не устранило дефект полностью.

**3) Шелушение краски на ребрах головок цилиндров вследствие их сильного перегрева.** При наличии следов перегрева головки цилиндр подлежит замене. Меры предупреждения — не допускать перегрева двигателя.

**4) Качание головки цилиндра на гильзе.** Причина — гидроудар в цилиндре. Качание головки можно определить при энергичном покачивании ее руками. Обычно оно сопровождается прорывом газов через резьбовое соединение головки гильзой, в результате чего у нижнего обреза ее силового ребра и на верхнем ребре гильзы появляется копоть. При наличии любого из этих признаков цилиндр подлежит замене.

**5) Течь масла из-под фланцев цилиндров.** Причина — потеря упругости резиновых уплотнительных колец от действия на них горячего масла. Для устранения неисправности необходимо снять цилиндр и заменить неисправное уплотнительное кольцо.

**6) Обрыв или вытяжка шпилек крепления цилиндра к картеру, шпилек крепления стаканов**

**выхлопного коллектора и крышек клапанных коробок или повреждение резьбы шпилек.** Причина — изгиб шпилек, их перетяжка, перекос гаек при навертывании, небрежный уход за резьбой гаек и шпилек. Порядок замены неисправной шпильки изложен в пособии по теме 9. Если резьба шпильки под гайку имеет незначительные повреждения, ее необходимо подправить леркой с применением торцового воротка, а при отсутствии лерки зачистить шабером или напильником.

**7) Слабая посадка свечных втулок, вывертывание их или повреждение внутренней резьбы.**

Причина — чрезмерно сильная затяжка свечей, особенно на горячем двигателе, пригорание резьбы свечей, вывертывание свечей на горячем двигателе. Во всех случаях для вывертывания свечи требуются значительные усилия, что может вызвать деформацию или срез стопорных штифтов втулки, деформацию корпуса свечи и резьбы втулки.

Посадка втулки в головке цилиндра ослабевает, и втулка начинает качаться или вывертываться вместе со свечой.

Замена или довертывание втулки связаны со снятием цилиндра, требуют специального инструмента и приспособлений и должны производиться в ремонтных мастерских.

Для предупреждения неисправности необходимо строго соблюдать указания, определяющие порядок постановки и снятия свечей (см. пособие по теме 12). В частности, нельзя устанавливать или вывертывать свечи при температуре головок цилиндров выше 60° С.

**8) Нарушение герметичности соединения выпускных труб с головками цилиндров.** Неисправность определяется по налету красного цвета на головке цилиндра (следы выбивания смеси при  $P_k > P_o$ ), по тряске двигателя и обратным вспышкам в карбюратор (при  $P_k < P_o$ ). Последнее объясняется обеднением смеси возникающим в результате подсоса воздуха через неплотности соединения.

Причинами неисправности могут быть: ослабление затяжки винтов крепления фланца, повреждение паронитовой прокладки под фланцем, потеря упругости резинового уплотнительного кольца в результате старения резины или от действия на нее масла, бензина, керосина.

Неисправность устраняется подтяжкой винтов, заменой паронитовой прокладки или резинового уплотнительного кольца.

**9) Прорыв газов в соединениях фланцев стаканов выпускного коллектора с головками цилиндров в результате прогара медно-асbestовых прокладок.** Причина — использование недоброкачественных прокладок или коробление фланцев патрубков.

Для устранения неисправности необходимо заменить прокладки или патрубки с покоробленными фланцами.

**10) Подтекание масла из соединения клапанных коробок:**

а) из-под накидных гаек крепления кожухов тяг к штуцерам клапанных коробок. Причина — ослабление затяжки гайки. Неисправность устраняется подтяжкой гайки;

б) по разъему клапанной коробки и ее крышки вследствие повреждения паронитовой прокладки, недостаточной или неравномерной затяжки гаек крепления крышки, наличия рисок и забоин на фланце клапанной коробки или крышки.

Для устранения неисправности надо отпустить все гайки крепления крышки и вновь подтянуть их равномерно в два-три приема, соблюдая порядок затяжки, указанный на рис. 3-21. При затяжке гаек подряд и в один прием возможно коробление фланца крышки и появление на нем трещин.

Если после этого течь масла не прекращается, снять крышку и заменить прокладку, предварительно убедившись, что на фланце клапанной коробки крышки нет рисок и забоин.

Забоины и риски обычно получаются от введения отвертки в разъем для снятия прилипшей крышки, а также от соскабливания старой прокладки с фланца отверткой или стальными скребками. Для предупреждения появления рисок и забоин прилипшую крышку необходимо после отвертывания гаек «отстучать» ударами деревянного молотка по клапанной коробке, а затем легкими ударами этого молотка по крышке снизу вверх отжать ее и снять руками. Старую прокладку соскабливать с фланцев алюминиевым скребком.

При наличии рисок или забоин на фланце крышки ее надо заменить. Если подобные повреждения имеются на фланце клапанной коробки, надо заменить цилиндр;

в) из-под уплотнений болтов рычагов клапанов вследствие недостаточной затяжки гаек или разрушения маслоуплотнительных колец болтов.

Неисправность устраняется подтяжкой гайки болта или заменой алюминиевых маслоуплотнительных колец.

## II группа неисправностей

**1) Преждевременный износ поршневых колец, гильз цилиндров и поршней.**

Причина — многократный перегрев двигателя, недостаточная смазка деталей ЦПГ, засорение масла механическими примесями.

Кроме того, причинами преждевременного износа деталей ЦПГ могут явиться:

— эксплуатация двигателя в условиях повышенной запыленности воздуха без использования пылефильтра. Пыль, попадая на стенки цилиндра и в масло, истирает трущиеся поверхности как абразив;

- повышенный расход масла. Нагар, образующийся при сгорании масла, попадает на зеркало цилиндра и ухудшает условия трения колец о гильзу;
- чрезмерно большой зазор между поршнем и цилиндром, в результате чего увеличивается сила удара поршня и поршневых колец о цилиндр при перемене направления действия боковой силы  $N$ ;
- повышенный износ верхнего пояса гильзы цилиндра и верхних уплотнительных поршневых колец. Одна из причин износа — повышенное давление колец на гильзу на этом участке и худшие условия смазки.

Основные признаки повышенного износа поршневых колец и цилиндров:

- появление белого дыма при выхлопе, указывающего на интенсивное поступление масла в камеры сгорания цилиндров;
- тряска двигателя из-за отказа свечей вследствие их замасливания;
- повышенный расход масла, если кольца и зеркала изношены одновременно в нескольких цилиндрах;
- выбрасывание масла через систему суфлирования вследствие интенсивного прорыва газов в картер и повышения в нем давления;
- падение компрессии в цилиндрах ниже  $3 \text{ кгс}/\text{см}^2$ .

Для устранения неисправности заменяется деталь или весь узел. Цилиндр подлежит замене, если на его зеркале имеются глубокие риски или износ, превышающий 0,1 мм.

Мерами предупреждения неисправности является строгое соблюдение изложенных выше правил технического обслуживания двигателя и указаний руководства по летной эксплуатации самолета.

**2) Пригорание поршневых колец** происходит в случаях, когда кольца лишиены подвижности в канавках поршня. Основные причины следующие:

- работа двигателя со значительно изношенными поршневыми кольцами и гильзами цилиндров. Масло, обильно поступающее в камеру сгорания, образует большое количество нагара и смол, которые заполняют зазоры между кольцами и поршнем и заклинивают кольца в канавках;
- задир поршня, в результате чего происходит наволакивание металла поршня на кромки канавок. Кольца защемляются этим металлом в канавках в утопленном положении и лишаются подвижности;
- работа двигателя на загрязненном масле, в результате чего зазоры между кольцами и поршнем заполняются механическими примесями и кольца также лишаются подвижности;
- слишком малые зазоры между кольцами и поршнем по высоте, легко заполняемые нагаром и смолами от сгорания масла.

Пригорание поршневых колец ухудшает прилегание их к гильзе цилиндра на отдельных участках, приводит к местным прорывам газов и, как следствие, — к перегреву и прогару поршня.

Внешние признаки неисправности, устранение ее и меры предупреждения — те же, что и в случае преждевременного износа деталей цилиндро-поршневой группы. Кроме того, для предупреждения пригорания поршневых колец нужно уделять особое внимание подбору поршневых колец к поршню и цилинду.

**3) Задир поршня, поршневых колец и гильзы цилиндра** происходит в результате длительного перегрева масла, головок цилиндров, при работе на загрязненном масле или недостаточном поступлении масла на стенки цилиндров. Кроме того, задир может явиться следствием чрезмерно малого зазора между поршнем и гильзой. В результате этого при нагревании поршень соприкасается со стенками гильзы, что приводит сначала к задиру, а затем и к заклиниванию поршня. Характерный случай задира поршня и поршневых колец показан на рис. 3-23. Признаками задира деталей ЦПГ являются: тряска двигателя, падение мощности, выбрасывание масла из системы суфлирования, повышение температуры масла и головок цилиндров, наличие алюминиевой стружки в масле (на фильтре МФМ-25 и на фильтре маслоотстойника).

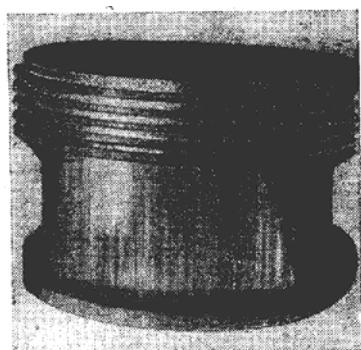


Рис. 3-23. Характер задира поршня и поршневых колец

**4) Разрушение поршня у верхнего бурта в месте выемок под клапаны.** Неисправность чаще всего

возникает в нижних цилиндрах (№ 4, 5 и 6).

Причина неисправности заключается в следующем. При неработающем двигателе масло, проходя через зазоры колец в стыке, имеет возможность заполнить все канавки поршней нижних цилиндров (включая и первую). Если поршень в каком-либо из этих цилиндров удален от в. м. т., то при запуске двигателя без предварительного проворачивания винта вручную в полости между первым кольцом и буртом поршня при подходе его к в. м. т. (в зону деформационного сужения гильзы) резко возрастает давление масла.

Гидравлические нагрузки на бурт могут быть столь велики, что он отгибаются в сторону днища поршня. Отгиб бурта приводит к нарушению нормальных условий работы первого кольца и его разрушению. Обломки кольца в дальнейшем разрушают верхний бурт поршня. Попав в камеру сгорания, обломки кольца и бурта повреждают свечи, что приводит к перебоям в работе двигателя.

Чем ниже вязкость масла (чем ниже его температура), тем большее давление создается между поршневым кольцом и буртом поршня, тем более благоприятны условия для возникновения этой неисправности.

Для предупреждения неисправности необходимо строго соблюдать указания по подогреву цилиндров двигателя в холодное время года и проворачиванию винта вручную перед запуском.

Второй причиной неисправности является недостаточная прочность верхнего бурта поршня.

С целью повышения надежности работы ЦПГ с октября 1968 г. завод выпускает, как уже указывалось, поршни с утолщенным на 2 мм верхним буртом. Для повышения прочности верхнего уплотнительного кольца в цилиндрах № 4, 5 и 6 оно заменено на стальное.

Кроме перечисленных выше неисправностей деталей ЦПГ имеют место случаи разрушения замковых колец поршневого пальца. Причина их разрушения имеет технологический характер.

## ГЛАВА 4.ШАТУННЫЙ МЕХАНИЗМ ДВИГАТЕЛЯ АШ-62ИР.

Шатунный механизм двигателя АШ-62ИР (рис.4-1) состоит из одного главного и восьми прицепных шатунов. Главный шатун устанавливается в цилиндре № 1. Все прицепные шатуны соединены с главным с помощью пальцев, закрепленных в его кривошипной головке.

### 1. УСЛОВИЯ РАБОТЫ ШАТУНОВ

Шатун связывает вращающийся коленчатый вал и движущийся возвратно-поступательно поршень. При этом шатун воспринимает и передает на коленчатый вал действующие на поршень силы давления газов и силы его инерции. От действия сил давления газов шатун работает на сжатие; от действия сил инерции поршня—на растяжение, когда силы направлены головке цилиндра, и на сжатие, когда они направлены к коленчатому валу.

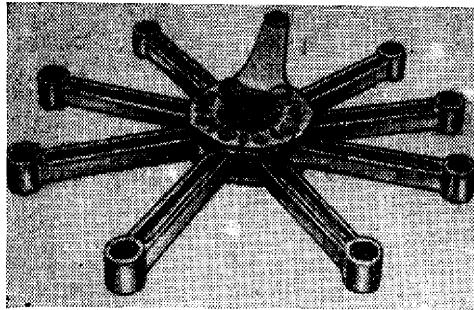


Рис.4-1. Шатунный механизм.

Наибольшие растягивающие усилия от сил инерции поршня шатун испытывает при положении поршня в ВМТ в такте впуска. Наибольшие усилия сжатия шатуна соответствуют моменту максимального давления газов в цилиндре.

Шатун совершает сложное движение, которое можно разделить на два простых: поступательное перемещение вместе с поршнем и качание вокруг оси поршневого пальца. Эти движения совершаются неравномерно и сопровождаются появлением сил инерции, изгибающих шатун в плоскости качания попеременно то в одну, то в другую сторону.

Одновременное действие изгибающих и растягивающих (или сжимающих) усилий, величина и направление которых изменяются с большой быстротой, создает весьма тяжелые условия работы шатунов. Поэтому шатуны изготавливают из высококачественной стали и делают прочными и жесткими.

### 2. ОСОБЕННОСТИ КИНЕМАТИКИ КРИВОШИПНО-ШАТУННОГО МЕХАНИЗМА С СОЧЛЕНЕННЫМИ ПРИЦЕПНЫМИ ШАТУНАМИ

Кривошипно-шатунный механизм, у которого кривошипная головка главного шатуна вращается вокруг оси шатунной шейки коленчатого вала, а кривошипные головки прицепных шатунов вращаются вокруг осей, укрепленных в головке главного шатуна, называется механизмом с сочлененными шатунами. Подобная схема кривошипно-шатунного механизма является типовой для всех звездообразных двигателей.

Она имеет ряд кинематических особенностей, оказывающих большое влияние на конструкцию шатунов и на работу двигателя в целом. Эти особенности заключаются в следующем.

1) Ход поршней в цилиндрах с прицепными шатунами больше хода поршня в цилиндре с главным шатуном. Объясняется это тем, что оси кривошипных головок прицепных шатунов перемещаются по эллипсам, а ось кривошипной головки главного шатуна—по окружности, радиус которой равен длине кривошипа и меньше большей полуоси эллипса.

Разница ходов поршней в различных цилиндрах получается незначительной (табл.4-1) и не оказывает существенного влияния на

работу двигателя.

2) Расстояния от ВМТ до оси вращения коленчатого вала в цилиндрах с прицепными шатунами больше, чем в цилиндре с главным шатуном. В цилиндрах с прицепными шатунами имеется так называемое линейное смещение ВМТ. Эта особенность вызывает различие объемов камер сжатия и мощностей в различных цилиндрах двигателя, что может привести к ходу шатуна.

Устранение линейного смещения ВМТ в цилиндрах с прицепными шатунами возможно или за счет изменения длины прицепных шатунов, или за счет изменения величины радиусов их прицепа. Так как из

конструктивных и технологических соображений желательно иметь все прицепные шатуны взаимозаменяемыми, то у двигателя АШ-62ИР, как и у большинства звездообразных двигателей, линейное смещение ВМТ устраняется за счет изменения радиусов прицепов (см. табл. 4-1).

**ВЕЛИЧИНЫ РАДИУСОВ ПРИЦЕПА ПРИЦЕПНЫХ ШАТУНОВ, ХОДА ПОРШНЯ И УГЛОВОГО СМЕЩЕНИЯ ВМТ В РАЗЛИЧНЫХ ЦИЛИНДРАХ ДВИГАТЕЛЯ АШ-62ИР**

Таблица 4-1

№ цилиндра	Радиус прицепа, мм	Ход поршня, мм	Угловое смещение ВМТ
1	—	174,5	0
2 и 9	75,95	174,5	$\pm 0^{\circ}24'$ □
3 и 8	77,85	174,8	$\pm 2^{\circ}10'$ □
4 и 7	76,65	175,3	$\pm 3^{\circ}10'$ □
5 и 6	74,85	174,7	$\pm 1^{\circ}27'$ □

Примечание: 1) Знак «+» для цилиндров №№ 2,3,4,5 ; знак «-» для цилиндров №№ 6,7,8,9.

2) Радиусом прицепа называется расстояние от оси втулки кривошипной головки главного шатуна до оси отверстия, к которому крепится прицепной шатун

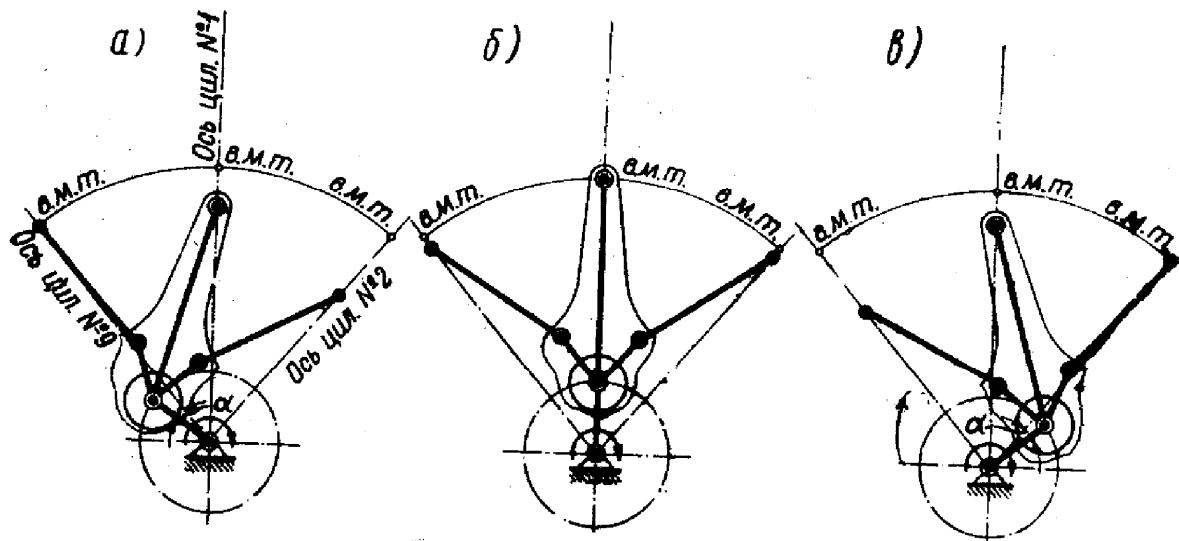


Рис. 4 -2. Угловые смещения верхних мертвых точек в цилиндрах с прицепными шатунами:

- а — поршень цилиндра № 9 находится в ВМТ, кривошип не дошел до оси цилиндра № 9 на угол  $\alpha$ ;  
б — поршень цилиндра № 1 находится в ВМТ; оси кривошипа главного шатуна и цилиндра № 1 совпадают; в — поршень цилиндра № 2 находится в ВМТ, кривошип перешел ось цилиндра № 2 на угол

$\alpha$

3) В цилиндрах с прицепными шатунами поршни достигают верхних и нижних мертвых точек не в моменты совпадения оси кривошипа коленчатого вала с осью соответствующего цилиндра. Так, в цилиндре № 9, расположенном против направления вращения вала от цилиндра № 1 с главным шатуном (рис. 4-2, а), поршень приходит в ВМТ, когда ось кривошипа еще не дошла до оси цилиндра на угол  $\alpha$ . В цилиндре же № 2, расположенном симметрично цилинду № 9, но по направлению вращения вала от цилиндра № 1, поршень достигает ВМТ, когда ось кривошипа уже перешла ось цилиндра на угол  $\alpha$  (рис. 4-2, в). Аналогичное явление углового смещения мертвых точек имеется и во всех других цилиндрах с прицепными шатунами. Величина смещений ВМТ для различных цилиндроов двигателя АШ-62ИР дана в табл. 4-1.

Только в цилиндре с главным шатуном поршень достигает верхней и нижней мертвых точек при строгом совпадении оси кривошипа с осью цилиндра двигателя (рис. 4-2, б).

Устранить эту особенность конструктивно трудно, и она присуща всем звездообразным двигателям. Наличие ее приводит к неравенству фаз газораспределения и углов опережения зажигания в различных цилиндрах и, следовательно, снижает мощность и ухудшает экономичность двигателя.

Особенно неблагоприятно сказывается на работе двигателя неравенство угла опережения зажигания по цилиндрам, которое достигает значительных величин. Так, если угол опережения зажигания в цилиндре № 1 двигателя АШ-62ИР составляет  $15^\circ$ , то в цилиндре № 7 он будет равен только  $11^\circ 09'$ , а в цилиндре № 4 -  $18^\circ 51'$ . Подобная разница углов опережения зажигания недопустима. На двигателе АШ-62ИР она устраняется особенностями конструкции прерывателя магнето БСМ-9.

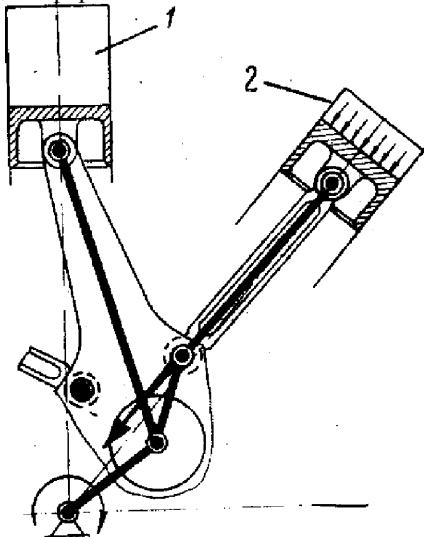


Рис. 4-3. Возникновение дополнительных усилий на главный шатун от прицепного шатуна:  
1-цилиндр №1; 2-цилиндр №2

Неравенство фаз газораспределения по цилиндрам относительно мало, существенного влияния на работу двигателя не оказывает и на двигателе АШ-62ИР не устранено.

4) Главный шатун и соединенный с ним поршень испытывают значительные дополнительные нагрузки, которые передаются на них прицепными шатунами. Появление нагрузок обусловлено тем, что в момент вспышки и в такте рабочего хода в цилиндре с прицепным шатуном ось последнего не проходит через ось шатунной шейки коленчатого вала (рис. 4-3). Поэтому сила, действующая вдоль оси прицепного шатуна, вызывает дополнительный изгиб стержня главного шатуна и дополнительную силу бокового давления соединенного с ним поршня на стенку цилиндра.

Наличие дополнительных нагрузок заставляет делать главный шатун более массивным и ухудшает условия работы цилиндра с главным шатуном по сравнению с другими цилиндрами.

### 3. КОНСТРУКЦИЯ ШАТУНОВ

Все шатуны изготовлены из поковок высококачественной специальной стали,

**Главный шатун** (рис. 4-4) имеет поршневую головку для соединения с поршневым пальцем, стержень и кривошипную головку для соединения с кривошипной шейкой коленчатого вала. Обе головки шатуна неразъемные. Для повышения прочности все поверхности шатуна отполированы. С этой же целью все переходы от одного сечения к другому на шатуне сделаны плавными.

В отверстии поршневой головки шатуна установлена с натягом 0,11 мм втулка из листовой твердокатаной свинцовистой бронзы. Натяг достигается уплотнением втулки в расточке головки специальными протяжками. Для предохранения втулки от проворачивания и продольных перемещений края ее после протяжки развалцовываны с обеих сторон. После протяжки втулка растачивается и для лучшей приработки к поршневому пальцу покрывается слоем свинца толщиной 0,005—0,007 мм. Смазка втулки осуществляется посредством барботажа.

Стержень главного шатуна двутаврового сечения. Полки стержня расположены в плоскости вращения коленчатого вала и переходят непосредственно в щеки кривошипной головки. Такое расположение полок обеспечивает требуемую жесткость головки и позволяет удобно присоединить к ней прицепные шатуны.

Кривошипная головка имеет тщательно обработанное гнездо под втулку и восемь гнезд в щеках под пальцы прицепных шатунов. Диаметр этих отверстий в передней щеке меньше, чем в задней, что позволяет иметь ступенчатые пальцы и запрессовывать их с одинаковым натягом в обе щеки. Поверхность гнезд под втулку и под пальцы покрывается слоем хрома толщиной 0,1—0,2 мм. Назначение хромирования —

уменьшить возможность образования на поверхности рисок при запрессовке втулки и пальцев и исключить появление наклена из-за упругих деформаций головки втулки и пальцев. Риски или наклена ослабляют кривошипную головку и могут привести к ее разрушению.

На наружной стороне щек между гнездами под пальцы сделаны глубокие выемки с плавными закруглениями кромок и углов — «слезки». Они предназначены для того, чтобы за счет повышения упругости прилегающих к ним участков щек уменьшить местные остаточные напряжения сжатия, возникающие в щеках при запрессовке в них пальцев. Тем самым уменьшается возможность появления трещин в щеках.

Втулка кривошипной головки главного шатуна (рис. 4-5) изготовлена из углеродистой стали. На переднем торце она имеет шлицевой буртик под шлицевой замок, предохраняющий втулку и пальцы прицепных шатунов от проворачивания и продольных перемещений.

Наружная поверхность втулки омеднена для предохранения поверхности ее и шатуна от наклена; внутренняя поверхность залита слоем свинцовистой бронзы толщиной 0,8—1,0 мм. Окончательная обработка внутренней поверхности втулки производится после запрессовки ее в шатун. Запрессовка производится с натягом 0,03—0,005 мм при нагревом до 200—230°C шатуне. После запрессовки втулка растачивается по специальному гиперболическому профилю (рис. 4-5, 4-6, б). Такой профиль рабочей поверхности устраняет вредное влияние перекосов и деформаций как самой втулки, так и шатунной шейки коленчатого вала и позволяет сохранить равномерный зазор по всей длине их рабочих поверхностей под нагрузкой.

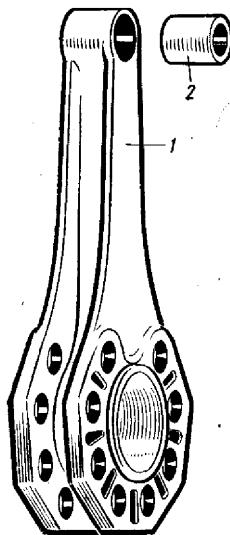


Рис. 4-4. Главный шатун:  
1 — главный шатун; 2 — втулка

При гиперболической расточке работающая поверхность втулки увеличивается, удельное давление на нее уменьшается, и втулка работает более надежно и долговечно.

После окончательной механической обработки поверхность втулки покрывается электролитическим способом свинцово-оловянным покрытием толщиной 0,25—0,35 мм. Цель покрытия — улучшить приработку втулки к шатунной шейке коленчатого вала.

Процесс приработки заключается в увеличении поверхности прилегания втулки к шейке за счет пластических деформаций и частичного износа мягкого слоя покрытия в местах повышенного удельного давления, возникающего из-за недостаточной чистоты поверхностей, или перекоса осей втулки и шейки. Кроме того, слой покрытия «поглощает» абразивные частицы, попадающие на трещищиеся поверхности вместе с маслом, что уменьшает износ поверхностей и возможность образования на них рисок, снижающих усталостную прочность вала и бронзового слоя втулки.

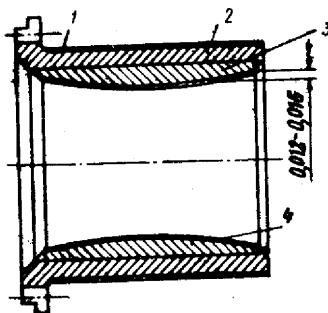


Рис. 4-5. Втулка кривошипной головки главного шатуна:  
1 — слой меди; 2 — сталь; 3 — свинцовистая бронза; 4 — свинцово-оловянный слой

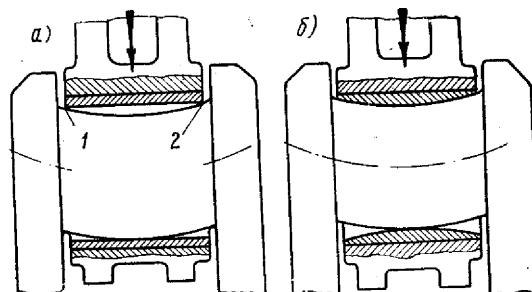


Рис. 4-6. Схема работы втулки нижней головки главного шатуна;  
а — при цилиндрической; б — при гиперболической расточке ее внутренней, поверхности; 1 и 2 —  
места износа и разрушения втулки

**Прицепные шатуны.** Все прицепные шатуны взаимозаменяемы. Прицепной шатун (рис. 4-7) имеет поршневую головку, стержень двутаврового сечения с полками, расположенными вдоль оси коленчатого вала, и кривошипную головку. Обе головки имеют отверстия, в которые протяжкой с натягом запрессованы втулки 3 и 4 из листовой твердокатаной свинцовистой бронзы. Внутренние поверхности втулок покрыты слоем свинца толщиной 0,005—0,007 мм. Смазка втулки поршневой головки производится посредством барботажа; втулки кривошипной головки — под давлением. Прицепные шатуны подбираются в комплект двигателя по весу. Разница в их весах не должна превышать 10 г.

Палец прицепного шатуна 1 изготовлен из высококачественной стали. Наружная цилиндрическая поверхность пальца трехступенчатая. Для повышения твердости она азотирована. Крайними шейками палец запрессовывается в щеки кривошипной головки главного шатуна с натягом 0,04—0,14 мм. Для предохранения от наклена поверхности этих шеек омеднены. На средней шейке пальца, с поверхностью которой соприкасается втулка кривошипной головки шатуна, имеются две диаметрально противоположные лыски. На каждую лыску из внутренней масляной полости пальца через радиальное отверстие выдавливается масло.

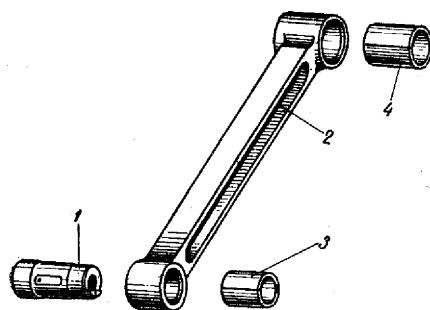


Рис. 4-7. Прицепной шатун:  
1 — палец; 2 — шатун; 3 — втулка кривошипной головки; 4 — втулка поршневой головки

Внутренняя полость каждого пальца имеет со стороны переднего торца резьбу под винт. Этими винтами крепится шлицевой замок втулки кривошипной головки главного шатуна. Для предохранения пальца от проворачивания на его переднем торце сделан боковой сегментный выступ, которым палец упира-

ется в лапку замка. На заднем торце предусмотрена выточка для облегчения.

На двигателях 15-й серии для повышения прочности пальца длина резьбы под винт уменьшена с 12 до 7 мм. Соответственно винт укорочен с 22 до 20 мм. Пальцы двигателей 14-й и 15-й серий взаимозаменяемы только в комплекте с винтами. Для отличия пальца двигателей 15-й серии на торце его сегментного выступа имеется засверловка диаметром 2,5 мм. На торце укороченного винта выполнена отличительная прорезь шириной 0,5—1,0 мм.

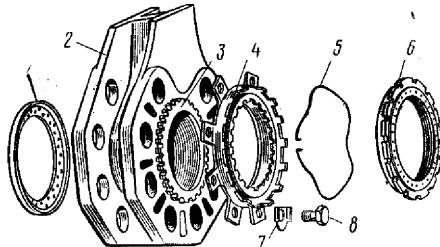


Рис. 4-8. Шлицевой замок и детали бокового уплотнения кривошипной головки главного шатуна:

1- заднее кольцо; 2- главный шатун; 3- втулка главного шатуна; 4- шлицевой замок; 5- пружинное кольцо; 6- переднее кольцо; 7- замок винта; 8-винт крепления шлицевого замка

**Шлицевой замок** (рис. 4-8) служит для предохранения втулки кривошипной головки главного шатуна и пальцев прицепных шатунов от проворачивания и продольных перемещений. Замок 4 представляет собой фасонное кольцо, имеющее внутренние шлицы, которыми он устанавливается на шлицевой венец втулки главного шатуна 3, и восемь лап с отверстиями под винты крепления его к пальцам прицепных шатунов. Лапы своими наружными срезами плотно прилегают к сегментным выступам пальцев. Винты крепления замка 8 имеют сквозное радиальное и глухое осевое отверстие для прохода масла во внутренние полости пальцев и контролятся пластинчатыми замками 7.

Шлицевой замок одновременно является деталью бокового уплотнения переднего торца втулки главного шатуна и обеспечивает подвод масла для смазки втулок кривошипных головок прицепных шатунов. Для установки кольца бокового уплотнения на переднем торце замка сделаны кольцевая проточка и прямоугольные торцевые выступы. На задней поверхности лап замка у отверстий под винты крепления имеются выемки (масляные карманы), соединенные сверлениями с кольцевой проточкой, из которой масло поступает внутрь пальцев прицепных шатунов.

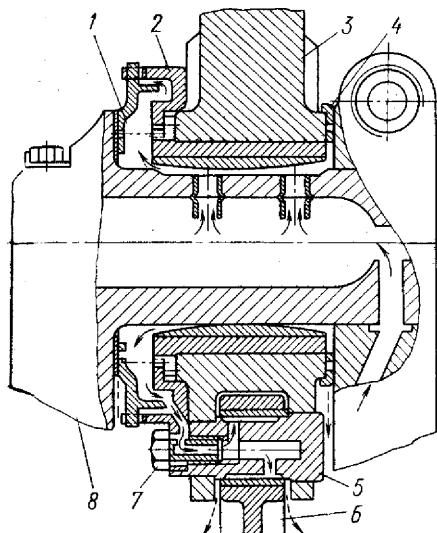
**Боковое уплотнение втулки кривошипной головки главного шатуна.** Втулка кривошипной головки главного шатуна работает в исключительно тяжелых условиях, так как подвергается действию высоких переменных по величине и направлению нагрузок и имеет большие относительные скорости скольжения рабочей поверхности. Надежность и продолжительность работы втулки обеспечиваются только в том случае, если к ней будет непрерывно и обильно подаваться масло. Для этого и введено боковое уплотнение.

Смазывается втулка маслом, поступающим из внутренней полости шатунной шейки, куда оно подходит под магистральным давлением 4—5 кгс/см<sup>2</sup>.

Под действием центробежных сил, возникающих при вращении коленчатого вала, масло отбрасывается к внешней стенке полости шатунной шейки, в результате чего фактическое давление его на выходе из шейки повышается до 8—12 кгс/см<sup>2</sup>. Заполняя зазоры между втулкой шатуна и шейкой коленчатого вала, масло создает несущий гидродинамический слой, обеспечивающий жидкостное трение поверхностей.

Повышение давления масла в зазорах явление, с одной стороны, положительное, так как увеличивается работоспособность подшипника. С другой стороны, оно приводит к повышенному истечению масла из зазоров в картер, особенно при больших числах оборотов. Это может ухудшить смазку подшипника, так как из его зазоров вытечет масла больше, чем поступит к нему через каналы коленчатого вала, имеющие ограниченное сечение.

Назначение бокового уплотнения — затормозить истечение масла из зазоров и обеспечить повышенное давление масла в них по всей длине трущихся поверхностей. Кроме этого, введение бокового уплотнения позволило создать резервуар масла под давлением у переднего торца втулки, откуда оно направляется для смазки пальцев прицепных шатунов. Втулка главного шатуна двигателя АШ-62ИР (рис. 4-9) имеет боковое уплотнение как заднего, так и переднего торцов. Уплотнение заднего торца обеспечивается чашеобразным стальным кольцом 4, установленным на заднем цилиндрическом выступе кривошипной головки главного шатуна. Наружная поверхность кольца, трущаяся о заднюю щеку коленчатого вала, омеднена и освинцова. Она имеет отверстия, по которым масло, вытекающее из зазоров заднего торца втулки, поступает на смазку поверхности трения кольца о щеку.



*Рис. 4-9. Схема бокового уплотнения кривошипной головки главного шатуна и смазки пальцев прицепных шатунов:*

1—переднее кольцо; 2—шлифовочный замок; 3—главный шатун; 4—заднее кольцо; 5—палец прицепного шатуна; 6—прицепной шатун; 7—винт крепления шлифовочного замка; 8—коленчатый вал

Уплотнение переднего торца втулки осуществляется кольцом 1, между которым и шлифовальным замком 2 установлена пружина, представляющая собой разрезное волнистое проволочное кольцо (см. рис. 4-8). Пружина и давление масла прижимают кольцо к передней щеке коленчатого вала и отжимают шатун с задним уплотнительным кольцом в сторону задней щеки с силой около 14 кгс. Передний опорный торец кольца и наружная цилиндрическая поверхность его покрыты свинцовистой бронзой и освинцовыны. Торец имеет отверстия для прохода масла на его смазку из кольцевой проточки замка 2.

Смазка пальцев прицепных шатунов (рис. 4-9) производится маслом, поступающим к ним из полости кольца переднего уплотнения втулки главного шатуна. Через отверстия в теле замка 2 масло поступает к выемкам на задней поверхности его лап, откуда через радиальное и осевое отверстия в винтах 7 крепления замка проходит во внутренние полости пальцев прицепных шатунов 5. Из этих полостей через два радиальных отверстия в каждом пальце масло выходит на его лыски и, расходясь по ним, смазывает по всей длине поверхность пальцев и втулок прицепных шатунов 6. Выдавливаясь через зазоры между ними, масло стекает в картер.

#### **4. НЕИСПРАВНОСТИ ДЕТАЛЕЙ ШАТУННОГО МЕХАНИЗМА, ИХ ПРИЧИНЫ И МЕРЫ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ**

Неисправности шатунного механизма в условиях эксплуатации не устраняются. При обнаружении любой неисправности двигатель подлежит снятию с самолета и отправке в ремонт.

Основными неисправностями шатунного механизма, возникающими в процессе эксплуатации двигателя, являются:

**1) Разрушение слоя свинцовистой бронзы на втулке кривошипной головки главного шатуна.** Причина неисправности - недостаточная смазка втулки, поступление к ней загрязненного масла, механическая перегрузка втулки.

Определяется неисправность по наличию бронзовой стружки на фильтре маслоотстойника и на фильтре МФМ-25.

Для предупреждения неисправности необходимо:

-строго соблюдать температурные режимы двигателя, правила разжижения масла бензином и ухода за маслосистемой двигателя, особенно при эксплуатации его в зимнее время и в жарких климатических условиях;

-запускать двигатель на оборотах 700-800 в минуту. Сразу после запуска двигателя не манипулировать рычагом управления винтом, чтобы не уменьшать подачу масла на втулку из-за поступления его в механизм винта;

-следить за тем, чтобы через 10-15 сек после запуска двигателя давление масла было не менее  $3 \text{ кгс}/\text{см}^2$ . Если давление масла будет меньше, двигатель остановить и вторично запускать только после установления

причины и устранения неисправностей;

-опробование двигателя производить только после прогрева его до температуры масла на входе в маслонасос не ниже 50° С и температуры головок цилиндров не ниже 120° С;

-соблюдать правила, исключающие возможность возникновения гидравлического удара и детонации.

В результате гидравлического удара и детонации слой свинцовистой бронзы на втулке под действием высоких ударных нагрузок деформируется. На рабочей поверхности втулки появляются волосовидные трещины, которые при дальнейшей эксплуатации двигателя приводят к полному разрушению бронзового слоя;

-не допускать продолжительной работы двигателя на взлетном режиме.

На этом режиме велики ударные давления на рабочую поверхность втулки. В результате трение между втулкой и шатунной шейкой коленчатого вала увеличивается, слой свинцовистой бронзы и при продолжительной работе разрушается. Особенно губительна продолжительная работа на взлетном режиме в первые часы эксплуатации двигателя после выпуска его с завода или после ремонта, когда еще не закончился процесс приработки трущихся поверхностей. При этом происходит местная перегрузка рабочей поверхности втулки и разрушение слоя свинцовистой бронзы, сначала местное, а затем общее.

**2) Изгиб или обрыв прицепных шатунов в четвертом, пятом или шестом цилиндрах** (рис. 4-10). Причиной неисправности обычно является гидравлический удар. Прицепные шатуны разрушаются, как правило, в месте перехода от головки к стержню, так как в этом сечении возникает концентрация напряжений от растягивающих усилий.

**3) Разрушение кривошипной головки главного шатуна** (рис. 4-11). Причины разрушения головки:

- использование шатунов, у которых ранее был разрушен слой свинцовистой бронзы на втулке кривошипной головки и оголена стальная поверхность втулки;

- образование наклепа на внутренней поверхности расточки кривошипной головки под втулку вследствие упругих деформаций втулки под действием нагрузок;

- слабая посадка втулки в головке шатуна.

Чтобы предупредить разрушение главных шатунов, в процессе ремонта двигателей проводят следующие мероприятия:

-брекают шатуны, у которых оголено более 25% стальной поверхности втулки из-за разрушения слоя свинцовистой бронзы;

-при замене втулок полностью удаляют следы наклепа на поверхности расточки кривошипной головки шатуна;

-поверхность головки под втулку хромируют до толщины слоя не более 0,1 мм,

-при удалении втулок их не выпрессовывают, а растачивают или разрезают по образующей.

**4) Усталостное разрушение пальцев прицепных шатунов.** Происходит, как правило, в плоскости радиальных отверстий для прохода масла. Случаи разрушения пальцев имеют место и после их усиления на двигателях 15-й серии.

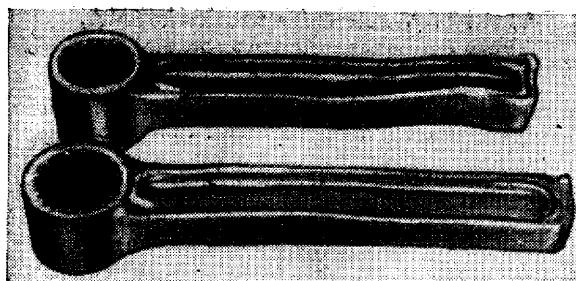
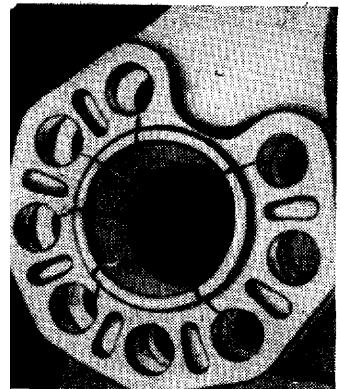


Рис. 4-10. Разрушенные прицепные шатуны



*Рис. 4-11. Разрушенная кривошипная головка главного шатуна*

## ГЛАВА 5. КОЛЕНЧАТЫЙ ВАЛ ДВИГАТЕЛЯ АШ-62ИР.

### 1. УСЛОВИЯ РАБОТЫ КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА

Коленчатый вал двигателя АШ-62ИР (рис.5-1) одноколенный, разъемный (на две части). Вал имеет шатунную шейку для соединения с главным шатуном и две коренные шейки, которыми опирается на картер через роликовые подшипники. На удлиненных частях обеих щек вала подвешены противовесы (демпферы), гасящие его крутильные колебания и уравновешивающие силы инерции вращательно и поступательно движущихся масс кривошипно-шатунного механизма.

Назначение коленчатого вала — преобразовать работу сил давления газов, действующих на поршни в тактах рабочего хода, в крутящий момент и передать его на воздушный винт. Кроме того, коленчатый вал обеспечивает перемещение поршней в течение их нерабочих ходов и приводит в действие нагнетатель, механизм газораспределения и агрегаты, установленные на двигателе.

Величина крутящего момента, развиваемого коленчатым валом, зависит от величины сил  $T$  (рис. 5-2), являющейся суммарной составляющей сил давления газов  $P_g$  и сил инерции поступательно движущихся частей кривошипно-шатунного механизма всех цилиндров двигателя  $P_{jn}$ . Сила  $T$  приложена к шатунной шейке коленчатого вала в направлении, перпендикулярном его щекам (тангенциальна), и создает

крутящий момент:

$$M_{kp}=T \cdot R;$$

где  $M_{kp}$  — крутящий момент, кгс·м;  $R$  — радиус кривошипа, м.

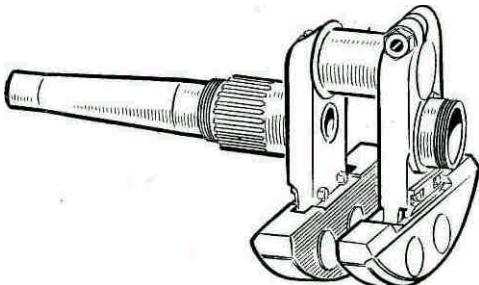


Рис. 5-1. Коленчатый вал двигателя

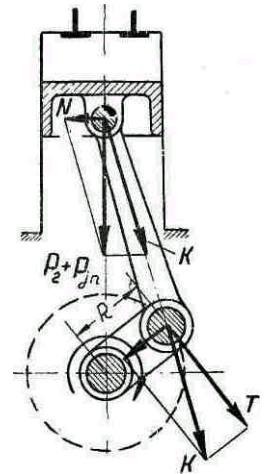


Рис. 5-2. Силы, передаваемые шатуном на шатунную шейку коленчатого вала

Величина силы  $T$  изменяется по углу поворота коленчатого вала и, следовательно, по времени. По этому же закону изменяется и величина крутящего момента.

Основная часть  $M_{kp}$  передается на носок вала винта и используется для вращения. Она определяет собой величину эффективной мощности двигателя.

Коленчатый вал является сложнонагруженной деталью двигателя и испытывает высокие и различные по характеру напряжения.

Под действием сил сопротивления воздуха вращению воздушного винта, сопротивления вращению крыльчатки нагнетателя, кулачковой шайбы и ведущих валиков агрегатов коленчатый вал двигателя скручивается.

Центробежные силы инерции щек, шатунной шейки, противовесов вала и составляющая силы  $K$  (рис.5-2), направленная вдоль щек, изгибают вал, а также растягивают или сжимают его щеки.

Периодическое изменение крутящего момента вызывает упругие крутильные колебания вала. Дополнительные напряжения от деформации скручивания в отдельных случаях достигают большой величины и могут привести к разрушению вала.

Кроме того, отдельные участки вала, являющиеся опорами скользящих подшипников, работают на износ и должны иметь высокую твердость и износостойчивость рабочей поверхности.

## 2. О КРУТИЛЬНЫХ КОЛЕБАНИЯХ КОЛЕНЧАТЫХ ВАЛОВ И МАЯТНИКОВЫХ ДЕМПФЕРАХ КРУТИЛЬНЫХ КОЛЕБАНИЙ

Коленчатый вал, как и всякое упругое тело, под действием внешней переменной нагрузки приходит в колебательное движение. Колебания упругого тела, продолжающиеся после того, как вызвавшая их внешняя нагрузка перестала действовать, называются свободными или собственными колебаниями. Частота свободных колебаний тела зависит от его геометрической формы, размеров и упругости. Под влиянием внутренних сопротивлений (внутреннее трение между частицами материала) и внешних сопротивлений (трение об окружающую среду, подшипники и т. д.) свободные-колебания постепенно затухают — амплитуда их уменьшается. Чем больше эти сопротивления, тем быстрее затухают свободные колебания.

У коленчатого вала двигателя подобные колебания возникают после каждой вспышки смеси в цилиндрах. Они вызываются силой  $K$  (см. рис. 5-2), передаваемой шатуном на шатунную шейку коленчатого вала. Характер колебаний вала определяется направлением действия силы: составляющая силы  $K$ , направленная вдоль щек вала, вызывает его изгибные колебания, а составляющая  $T$  — крутильные колебания. Так как промежутки между очередными вспышками смеси в цилиндрах работающего двигателя очень малы, то свободные колебания вала за это время полностью не затухают.

Колебания упругого тела, вызываемые и поддерживаемые периодически изменяющейся внешней нагрузкой, называются вынужденными колебаниями. Частота этих колебаний зависит от характера изменения вызывающей их нагрузки. Такой периодически изменяющейся нагрузкой, действующей на коленчатый вал двигателя, является также сила  $K$ .

Вынужденные колебания коленчатого вала, как и свободные, бывают изгибными и крутильными.

При некоторых оборотах коленчатого вала может случиться, что частоты его свободных и вынужденных колебаний (крутильных или изгибных) совпадут. Наступит явление резонанса колебаний, сопровождающееся возрастанием их амплитуды и напряжений изгиба и скручивания вала.

Величина этих напряжений в отдельных сечениях вала может превысить допустимую, и вал разрушится.

Наиболее опасными в этом отношении являются крутильные колебания. Изгибные колебания менее опасны, хотя случаи разрушения коленчатых валов, поршневых двигателей из-за их появления также имеют место.

При рассмотрении любого колебательного движения предполагается, что внешняя нагрузка изменяется гармонически, т. е. строго по закону тригонометрических функций (синуса и косинуса). Характер же изменения тангенциальной силы  $T$ , а следовательно, и  $M_{kr}$ , определяющий частоту вынужденных крутильных колебаний коленчатого вала, отличается от этого закона. Поэтому, изучая крутильные колебания коленчатых валов, изменение крутящего момента представляют в виде суммы нескольких составляющих его моментов, каждый из которых периодически изменяется по времени с различной частотой, но строго по закону тригонометрических функций. Эти составляющие принято называть гармониками.

Частота изменения той или иной составляющей определяется порядком ее гармоники. Порядок гармоники показывает число периодов изменения составляющей крутящего момента за время одного оборота коленчатого вала двигателя.

Резонансные крутильные колебания имеются всегда, когда частота одной из гармоник крутящего момента совпадает с частотой собственных крутильных колебаний коленчатого вала. В диапазоне рабочих оборотов коленчатого вала двигателя явление резонанса свободных и вынужденных крутильных колебаний обычно наблюдается при нескольких значениях оборотов.

Однако опасными резонансными колебаниями являются не все, а только такие, при которых амплитуды колебаний и, следовательно, закручивание соседних сечений вала относительно друг друга настолько велики, что напряжения скручивания превышают максимально допустимые. Обороты коленчатого вала, при которых возникают опасные резонансные колебания, называются критическими оборотами  $n_{cr}$  (рис. 5-3). Даже непродолжительная работа двигателя на этих оборотах вызывает разрушение коленчатого вала от усталости металла и потому недопустима.

Для двигателя АШ-62ИР опасными резонансными крутильными колебаниями являются колебания 4,5 гармоники, соответствующие критическим оборотам, равным 2120—2180 в минуту на земле и 1960—2100 в воздухе.

Для гашения этих колебаний служит демпфер коленчатого вала.

Схема устройства и принцип действия маятникового демпфера крутильных колебаний состоят в следующем. К удлиненной части щеки коленчатого вала на двух роликах подвешивается груз определенного веса, центр тяжести которого расположен на оси щеки  $ox$  (рис. 5-4). Этот груз имеет возможность перемещаться в обе стороны от оси щеки в плоскости вращения вала подобно маятнику, подвешенному в точке А. При этом центр тяжести его перемещается по дуге радиуса  $r=2r-d$ . Такая подвеска груза позволяет создать массивный и очень короткий маятник, удобно размещающийся в картере двигателя.

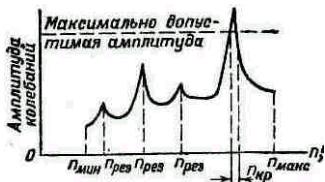


Рис.5-3. Изменение амплитуды колебаний коленчатого вала от возникновения резонансных крутильных колебаний

Работает демпфер следующим образом. Когда коленчатый вал вращается вокруг оси коренной шейки О равномерно (без колебаний) (рис. 5-5, а), центр тяжести демпфера под действием собственных центробежных сил Р<sub>д</sub> остается на оси щеки ох.

В этом случае демпфер не работает — маятник не качается и находится в состоянии покоя.

При возникновении резонансных крутильных колебаний (см. рис. 5-5, б и 5-5, в) щека будет отклоняться от нейтрального положения и совершать колебания относительно оси ох.. Как только частота колебаний щеки достигнет частоты опасной резонансной гармоники, вступает в действие демпфер, настроенный на полное или частичное гашение крутильных колебаний только одной этой гармоники.

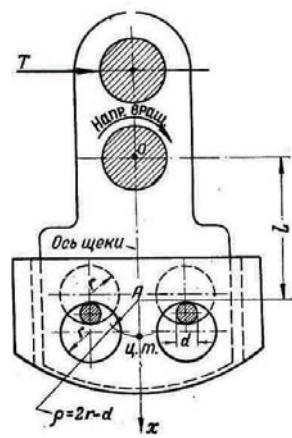


Рис.5-4. Схема устройства маятникового демпфера

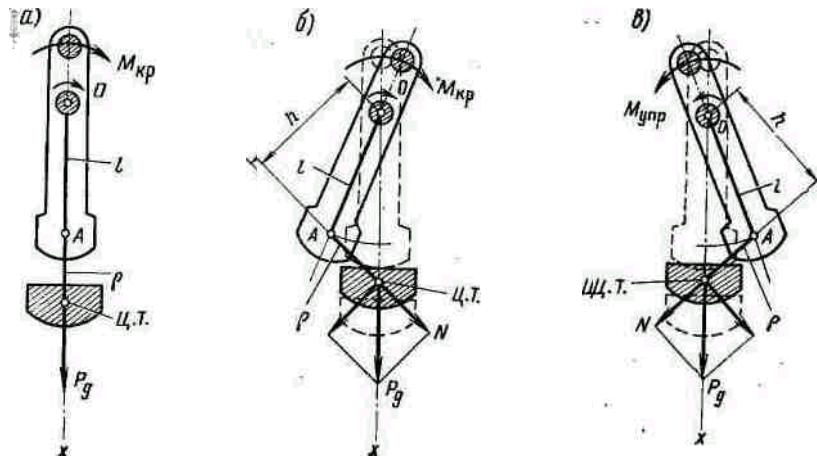


Рис.5-5. Схема работы маятникового демпфера.

Настройка демпфера заключается в подборе величин l и ρ, обеспечивающих равенство частот колебаний маятника относительно точки А и щеки относительно нейтрального положения оси ох. В результате такой настройки отклонение колеблющейся щеки от оси ох, равномерно вращающейся вместе с коленчатым валом, не вызывает смещения центра тяжести маятника, и он всегда остается на оси. При этом, как видно из рис. 52, б и в, составляющая центробежной силы маятника Р<sub>д</sub>, направленная вдоль радиуса подвески ρ, создает момент М<sub>д</sub>=N\*ρ, обратный направлению внешнего возмущающего момента (М<sub>кр</sub> или момента сил упругости вала М<sub>упр</sub>) и равный ему по величине (если колебания гасятся полностью). Этот момент препятствует отклонению щеки, а следовательно, и вала от равновесного положения и не дает развиться опасным резонансным колебаниям.

Кроме гашения опасных резонансных крутильных колебаний, демпферы выполняют не менее важные функции противовесов, уравновешивающих силы инерции вращающихся и поступательно движущихся масс кривошипно-шатунного механизма. Вес их подбирается из условия полного гашения первых и частичного гашения вторых.

## 2. О КРУТИЛЬНЫХ КОЛЕБАНИЯХ КОЛЕНЧАТЫХ ВАЛОВ И МАЯТНИКОВЫХ ДЕМПФЕРАХ КРУТИЛЬНЫХ КОЛЕБАНИЙ

Коленчатый вал, как и всякое упругое тело, под действием внешней переменной нагрузки приходит в колебательное движение. Колебания упругого тела, продолжающиеся после того, как вызвавшая их внешняя нагрузка перестала действовать, называются свободными или собственными колебаниями. Частота свободных колебаний тела зависит от его геометрической формы, размеров и упругости. Под влиянием внутренних сопротивлений (внутреннее трение между частицами материала) и внешних сопротивлений (трение об окружающую среду, подшипники и т. д.) свободные-колебания постепенно затухают — амплитуда их уменьшается. Чем больше эти сопротивления, тем быстрее затухают свободные колебания.

У коленчатого вала двигателя подобные колебания возникают после каждой вспышки смеси в цилиндрах. Они вызываются силой  $K$  (см. рис. 5-2), передаваемой шатуном на шатунную шейку коленчатого вала. Характер колебаний вала определяется направлением действия силы: составляющая силы  $K$ , направленная вдоль щек вала, вызывает его изгибные колебания, а составляющая  $T$  — крутильные колебания. Так как промежутки между очередными вспышками смеси в цилиндрах работающего двигателя очень малы, то свободные колебания вала за это время полностью не затухают.

Колебания упругого тела, вызываемые и поддерживаемые периодически изменяющейся внешней нагрузкой, называются вынужденными колебаниями. Частота этих колебаний зависит от характера изменения вызывающей их нагрузки. Такой периодически изменяющейся нагрузкой, действующей на коленчатый вал двигателя, является также сила  $K$ .

Вынужденные колебания коленчатого вала, как и свободные, бывают изгибными и крутильными.

При некоторых оборотах коленчатого вала может случиться, что частоты его свободных и вынужденных колебаний (крутильных или изгибных) совпадут. Наступит явление резонанса колебаний, сопровождающееся возрастанием их амплитуды и напряжений изгиба и скручивания вала.

Величина этих напряжений в отдельных сечениях вала может превысить допустимую, и вал разрушится.

Наиболее опасными в этом отношении являются крутильные колебания. Изгибные колебания менее опасны, хотя случаи разрушения коленчатых валов, поршневых двигателей из-за их появления также имеют место.

При рассмотрении любого колебательного движения предполагается, что внешняя нагрузка изменяется гармонически, т. е. строго по закону тригонометрических функций (синуса и косинуса). Характер же изменения тангенциальной силы  $T$ , а следовательно, и  $M_{kr}$ , определяющий частоту вынужденных крутильных колебаний коленчатого вала, отличается от этого закона. Поэтому, изучая крутильные колебания коленчатых валов, изменение крутящего момента представляют в виде суммы нескольких составляющих его моментов, каждый из которых периодически изменяется по времени с различной частотой, но строго по закону тригонометрических функций. Эти составляющие принято называть гармониками.

Частота изменения той или иной составляющей определяется порядком ее гармоники. Порядок гармоники показывает число периодов изменения составляющей крутящего момента за время одного оборота коленчатого вала двигателя.

Резонансные крутильные колебания имеются всегда, когда частота одной из гармоник крутящего момента совпадает с частотой собственных крутильных колебаний коленчатого вала. В диапазоне рабочих оборотов коленчатого вала двигателя явление резонанса свободных и вынужденных крутильных колебаний обычно наблюдается при нескольких значениях оборотов.

Однако опасными резонансными колебаниями являются не все, а только такие, при которых амплитуды колебаний и, следовательно, закручивание соседних сечений вала относительно друг друга настолько велики, что напряжения скручивания превышают максимально допустимые. Обороты коленчатого вала, при которых возникают опасные резонансные колебания, называются критическими оборотами  $n_{cr}$  (рис. 5-3). Даже непродолжительная работа двигателя на этих оборотах вызывает разрушение коленчатого вала от усталости металла и потому недопустима.

Для двигателя АШ-62ИР опасными резонансными крутильными колебаниями являются колебания 4,5 гармоники, соответствующие критическим оборотам, равным 2120—2180 в минуту на земле и 1960—2100 в воздухе.

Для гашения этих колебаний служит демпфер коленчатого вала.

Схема устройства и принцип действия маятникового демпфера крутильных колебаний состоят в следующем. К удлиненной части щеки коленчатого вала на двух роликах подвешивается груз определенного веса, центр тяжести которого расположен на оси щеки  $ox$  (рис. 5-4). Этот груз имеет возможность перемещаться в обе стороны от оси щеки в плоскости вращения вала подобно маятнику, подвешенному в точке А. При этом центр тяжести его перемещается по дуге радиуса  $r=2r-d$ . Такая подвеска груза позволяет создать массивный и очень короткий маятник, удобно размещающийся в картере двигателя.

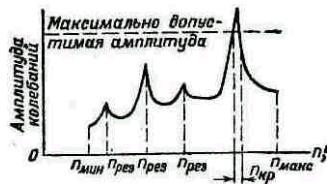


Рис.5-3. Изменение амплитуды колебаний коленчатого вала от возникновения резонансных крутильных колебаний

Работает демпфер следующим образом. Когда коленчатый вал вращается вокруг оси коренной шейки О равномерно (без колебаний) (рис. 5-5, а), центр тяжести демпфера под действием собственных центробежных сил Р<sub>д</sub> остается на оси щеки ох.

В этом случае демпфер не работает — маятник не качается и находится в состоянии покоя.

При возникновении резонансных крутильных колебаний (см. рис. 5-5, б и 5-5, в) щека будет отклоняться от нейтрального положения и совершать колебания относительно оси ох.. Как только частота колебаний щеки достигнет частоты опасной резонансной гармоники, вступает в действие демпфер, настроенный на полное или частичное гашение крутильных колебаний только одной этой гармоники.

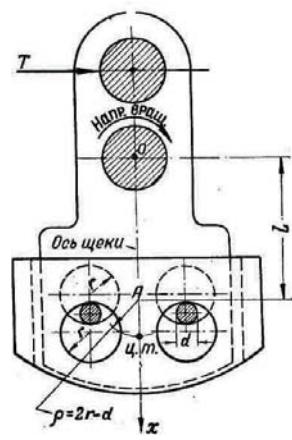


Рис.5-4. Схема устройства маятникового демпфера

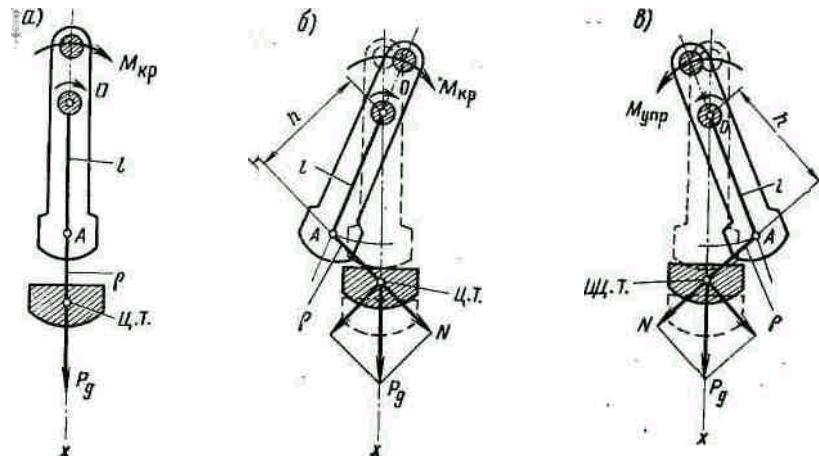


Рис.5-5. Схема работы маятникового демпфера.

Настройка демпфера заключается в подборе величин l и ρ, обеспечивающих равенство частот колебаний маятника относительно точки А и щеки относительно нейтрального положения оси ох. В результате такой настройки отклонение колеблющейся щеки от оси ох, равномерно вращающейся вместе с коленчатым валом, не вызывает смещения центра тяжести маятника, и он всегда остается на оси. При этом, как видно из рис. 52, б и в, составляющая центробежной силы маятника Р<sub>д</sub>, направленная вдоль радиуса подвески ρ, создает момент М<sub>д</sub>=N\*ρ, обратный направлению внешнего возмущающего момента (М<sub>кп</sub> или момента сил упругости вала М<sub>упр</sub>) и равный ему по величине (если колебания гасятся полностью). Этот момент препятствует отклонению щеки, а следовательно, и вала от равновесного положения и не дает развиться опасным резонансным колебаниям.

Кроме гашения опасных резонансных крутильных колебаний, демпферы выполняют не менее важные функции противовесов, уравновешивающих силы инерции вращающихся и поступательно движущихся масс кривошипно-шатунного механизма. Вес их подбирается из условия полного гашения первых и частичного гашения вторых.

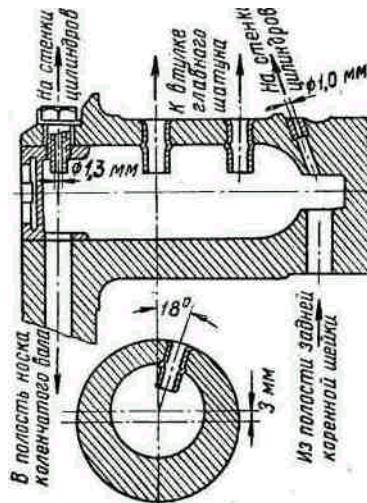


Рис. 5-8. Шатунная шейка коленчатого вала.

Шейка имеет сегментный вырез под стяжной болт. За счет этого болт приближен к оси вращения вала, укорочена верхняя часть щеки и уменьшена величина центробежных сил инерции. Для усиления шейки и уменьшения ее деформаций при затяжке стяжного болта задняя стенка ее сделана сплошной. Со стороны внутренней полости шейка имеет сферическую форму.

Передняя щека коленчатого вала и передний противовес конструктивно выполнены так же, как и задние. Щека имеет продольный канал для подвода масла из полости шатунной шейки в полость носка коленчатого вала.

**На передней коренной шейке** коленчатого вала устанавливается опорный роликовый подшипник, через который вал опирается на картер двигателя. Подшипник полуразборного типа. Внутренняя обойма его закреплена на валу, а наружная—в стенке среднего картера, что обеспечивает фиксирование коленчатого вала в осевом направлении.

**На шлицевую часть** носка коленчатого вала устанавливаются ведущие шестерни механизма газораспределения и редуктора. Для фиксирования их положения между двумя шлицами вала запрессован штифт, а на шестернях соответственно удалено по одному шлицу. Между шестернями устанавливается стальное кольцо, являющееся задним упором кулачковой шайбы. Обе шестерни, кольцо и внутренняя обойма подшипника закреплены от продольных перемещений гайкой с омедненной резьбой. Гайка законтрена замковой пластиной, которая стопорится болтом, законтренным также пластинчатым замком.

**Носок** передней части коленчатого вала имеет две цилиндрические шейки, которые являются опорами скользящих подшипников вала винта. Поверхности шеек азотированы на глубину 0,5—0,7 мм и тщательно механически обработаны. На каждой шейке сделана продольная лыска для распределения масла по всей длине подшипника.

Во внутреннюю полость носка со стороны щеки запрессован электронный стакан, прикрепленный к валу винтом (рис. 5-9). Винт законтрен пластинчатым замком. Между стаканом и носком вала образована кольцевая полость, в которую подводится масло из шатунной шейки. Отсюда масло выходит через три радиальных отверстия для смазки оси двойной шестерни привода, механизма газораспределения, втулки кулачковой шайбы и деталей редуктора.

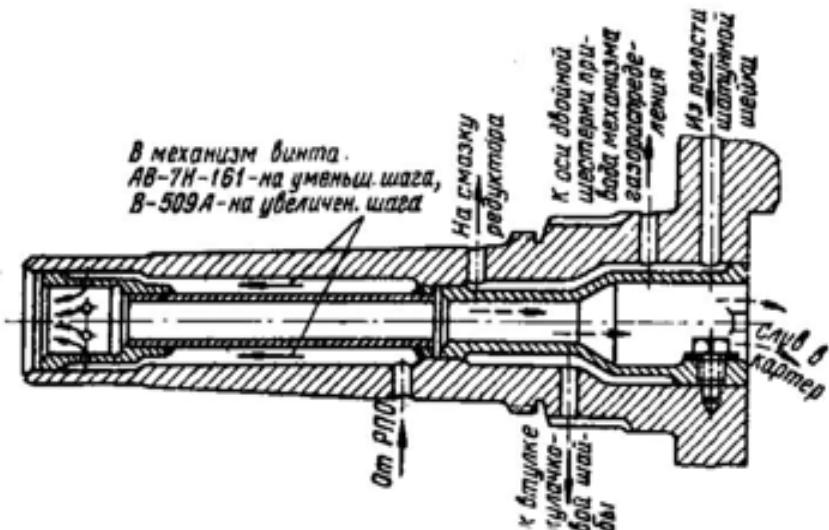


Рис.5-9. Носок коленчатого вала

С переднего конца во внутреннюю полость носка вала запрессована своими опорами стальная труба. Опоры припаяны к трубе латунью. Задняя опора представляет собой стальное кольцо шириной 10,5 мм. Передняя опора также стальная и выполнена в виде ступенчатой втулки. Снаружи она имеет посадочный поясок для запрессовки в носок вала, а внутри — расточку, поверхность которой хромируется и после запрессовки хонингуется. По этой поверхности работают уплотнительные кольца маслораспределительной втулки подвода масла в механизм воздушного винта. Передняя опора имеет шесть радиальных отверстий для прохода масла.

Между трубой и носком коленчатого вала образована кольцевая полость, в которую через переднее (четвертое от щеки) радиальное отверстие носка вала подводится масло под давлением, направляющееся от регулятора оборотов в механизм винта.

Для обеспечения герметичной посадки трубы запрессовывается в коленчатый вал, нагретый до 170—180°. После остывания вала полость между носком и трубой испытывается на герметичность маслом, имеющим температуру 75—80° С и давлением 45—50 кгс/см<sup>2</sup>. При этих условиях течи масла из полости не должно быть.

#### 4.НЕИСПРАВНОСТИ КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА

Типичными дефектами коленчатого вала являются поверхностные трещины на шатунной шейке и наклеп на поверхностях пальцев противовесов, их втулок и втулок щек вала. Дефекты обнаруживаются при ремонте на ремонтных предприятиях.

Если они находятся в пределах установленных для ремонта вала допусков, то устраняются выборкой материала шейки с трещиной и удалением наклела с пальцев и втулок.

В условиях эксплуатации весьма редко, но все же имеют место случаи разрушений шатунной шейки вала и верхней части его задней щеки (проушины).

## ГЛАВА 6. РЕДУКТОР ДВИГАТЕЛЯ АШ-62ИР.

### 1. НАЗНАЧЕНИЕ РЕДУКТОРА

Редуктор авиационного двигателя служит для уменьшения числа оборотов воздушного винта по сравнению с числом оборотов коленчатого вала.

Он дает возможность форсировать мощность двигателя увеличением числа оборотов коленчатого вала при сохранении относительно небольших окружных скоростей лопастей винта, обеспечивающих получение высоких к. п. д. винта. Увеличение к. п. д. винта за счет применения редуктора позволяет иметь высокую тягу на взлете, что сокращает длину разбега и повышает скороподъемность самолета,

В полете на заданной крейсерской мощности и с одинаковым числом оборотов коленчатого вала самолет с редукторным двигателем развивает большую скорость и за счет этого имеет меньший километровый расход топлива, чем самолет с таким же двигателем, но без редуктора.

Кроме того, постановка редукторных двигателей на транспортных самолетах с высоким шасси позволяет использовать винты большого диаметра, развивающие большую тягу по сравнению с винтами малых диаметров.

### 2. ПРИНЦИПИАЛЬНА СХЕМА РЕДУКТОРА ДВИГАТЕЛЯ АШ-62ИР

На двигателе установлен редуктор планетарного типа. Принципиальная схема его показана на рис. 6-1. Редуктор состоит из ведущей, неподвижной и сателлитных шестерен.

Ведущая шестерня редуктора имеет внутренний зубчатый венец с числом зубьев  $Z_1=66$ . Она сцеплена с шестью сателлитами, у каждого из которых по 18 зубьев ( $Z_2$ ).

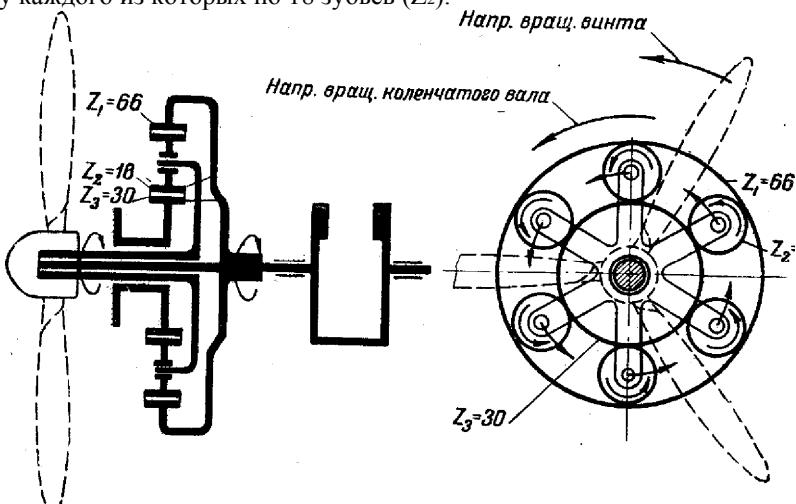


Рис. 6-1. Принципиальная схема редуктора двигателя АШ-62ИР

Сателлиты вращаются в подшипниках лап вала винта и в свою очередь сцеплены с неподвижной шестерней, закрепленной на носке картера. Эта шестерня имеет 30 зубьев ( $Z_3$ ). Вал винта своими подшипниками опирается на шейки передней части носка коленчатого вала.

Ведущая шестерня, вращаясь с такой же скоростью, как и коленчатый вал, приводит во вращение сателлиты. Упираясь своими зубьями в зубья неподвижной шестерни, сателлиты обкатываются вокруг нее и увлекают за собой 'вал винта в том же направлении, в котором вращается коленчатый вал. Название планетарного редуктора получило потому, что характер относительного движения его шестерни сходен с характером движения 'планет и их спутников.'

Степень редукции планетарного редуктора, т. е. отношение числа оборотов вала винта к числу оборотов коленчатого вала, определяется по формуле:

$$i_{\text{ред}} = \frac{n_{\text{в.в}}}{n_{\text{к.в}}} = \frac{z_1}{z_1 + z_3}$$

Где:

$i$  ред. – степень редукции;

$n$  в.в – частота вращения (обороты) вала винта.

$n$  к.в -- частота вращения (обороты) коленвала;

$$\text{Для двигателя АШ-62ИР степень редукции равна: } i_{ped} = \frac{66}{66 + 30} = \frac{11}{16}$$

Из формулы видно, что степень редукции планетарного редуктора зависит только от соотношения числа зубьев ведущей и неподвижной шестерен и не зависит от числа зубьев сателлитов. Сателлиты лишь кинематически связывают ведущую и неподвижную шестерни, а также передают крутящий момент от коленчатого вала на вал винта.

Редуктор планетарного типа с валом винта, расположенным соосно коленчатому валу, конструктивно прост и удобно вписывается во внутренние габариты носка картера. Наличие нескольких параллельно работающих сателлитов уменьшает нагрузки на их оси и на зубья шестерен при передаче крутящего момента на вал винта, повышает надежность и долговечность работы сателлитов, разгружает подшипники вала винта от действия окружных усилий.

Нагрузка на подшипники вала винта при такой схеме редуктора уменьшается также за счет малых относительных скоростей вала винта и коленчатого вала, вращающихся в одну сторону.

### 3. КОНСТРУКЦИЯ РЕДУКТОРА

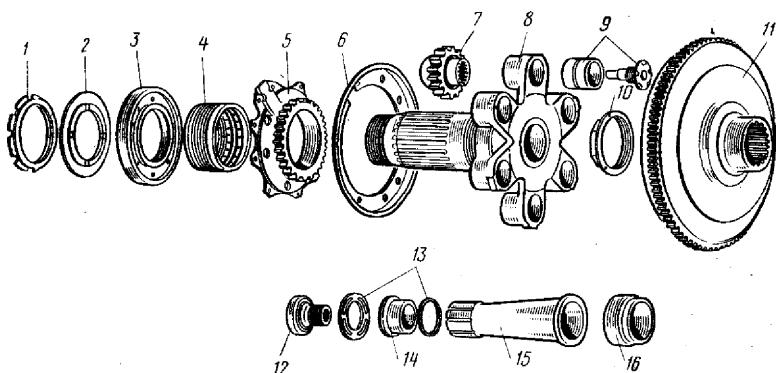


Рис. 6-2. Детали редуктора:

1—гайка упорного подшипника; 2 — маслоотражатель; 3—упорный подшипник; 4 — распорная втулка упорного подшипника; 5—неподвижная шестерня; 6—предохранительное кольцо сателлитов; 7—сателлит; 8—вал винта; 9—втулка и гайка сателлита; 10—гайка крепления ведущей шестерни; 11—ведущая шестерня; 12—маслораспределительная втулка; 13—прокладки; 14—передняя втулка вала винта; 15—гильза вала винта; 16-- задняя втулка вала винта

В редуктор входят: шестерни, вал винта, детали крепления шестерен и детали, монтируемые на валу винта и внутри него (рис. 6-2).

Все шестерни цилиндрические, с прямым зубом эвольвентного профиля. Окружные усилия, действующие на зубья шестерен, вызывают изгиб зубьев и смятие их рабочих поверхностей. При входе в зацепление и выходе из него зубья скользят один по другому, что вызывает их нагрев и износ. Для повышения твердости, сопротивления смятию и износу зубья ведущей и неподвижной шестерен азотированы на глубину 0,3—0,5мм, а зубья сателлитов цементированы. Рабочие поверхности зубьев лапингаются (притираются), чем обеспечивается высокая степень их чистоты и гладкости, уменьшается их трение и износ. Уменьшение трения и охлаждение зубьев достигаются также непрерывной подачей на них масла. Для повышения прочности зубьев при работе их на изгиб профиль зубьев исправляется — корректируется\*.

**Ведущая шестерня** редуктора (см. рис. 6-3) чашеобразной формы, изготовлена из поковки специальной стали. Имеет внутренний зубчатый венец с 66 зубьями для зацепления с сателлитами, наружный зубчатый венец с 146 азотированными зубьями для передачи вращения к приводу регулятора оборотов. Удлиненная ступица шестерни служит опорой кулачковой шайбы механизма газораспределения. Наружная поверхность ее азотируется на глубину 0,4—0,75 мм. На этой поверхности сделана лыска, соединенная радиальным отверстием со вторым от щеки радиальным отверстием носка коленчатого вала.

Ступица имеет внутренние шлицы для установки на шлицевую часть носка коленчатого вала. Для устранения наклена шлицы ступицы освинцованны.

Один из шлицов ступицы удален, что обеспечивает установку шестерни на носке коленчатого вала в строго определенном положении, при котором совмещаются отверстия в носке вала и в ступице для прохода масла к втулке кулачковой шайбы.

\*Корректирование профиля зубьев шестерен редуктора заключается в уменьшении высоты зуба за счет уменьшения высоты его головки и ножки и в увеличении толщины зуба по сравнению с зубом нормального профиля.

В диске ведущей шестерни имеются три сквозных отверстия с резьбой для установки съемника.

На наружной поверхности шестерен перед зубчатым венцом сделан цилиндрический буртик жесткости. На нем нанесено девять рисок с цифрами от 1 до 9 (рис. 6-3). Риски служат для установки поршня в верхнюю мертвую точку. Чтобы установить поршень в ВМТ в данном цилиндре, необходимо соответствующую его номеру риску на шестерне подвести к риске в смотровом окне картера. Кроме этого, на буртике имеется шкала, на которой нанесено 40 рисок с интервалом  $1^{\circ}$ . По этим рискам устанавливается магнето и проверяется регулировка механизма газораспределения без применения регулировочного диска. Нуль шкалы соответствует положению поршня в цилиндре № 1 в ВМТ.

**Сателлиты редуктора** (рис. 6-4). Редуктор имеет шесть взаимозаменяемых сателлитов. Сателлит изготовлен из поковки высококачественной стали, имеет наружный зубчатый венец для зацепления с ведущей и неподвижной шестернями и ступицу (ось), которой он опирается на втулку лапы вала винта.

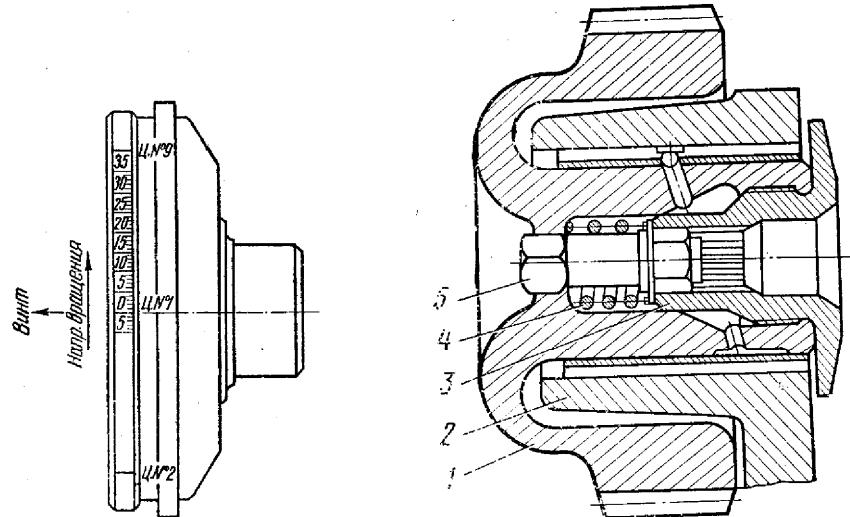


Рис. 6-3. Расположение регулировочных рисок на ведущей шестерне редуктора

Рис. 6-4. Сателлит в сборе на лапе винта.  
1- сателлит; 2- лата вала винта; 3- гайка сателлита; 4- пружина замка; 5- стержень замка

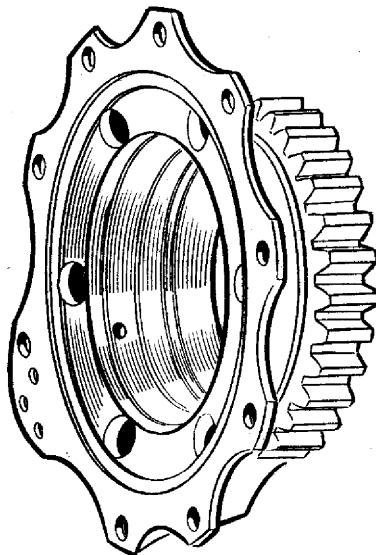
в результате неточностей обработки, сборки или температурных деформаций зазоры между зубьями отдельных сателлитов и зубьями ведущей и неподвижной шестерен различны.

Упругость сателлитов в окружном направлении предусмотрена также для смягчения ударных нагрузок на зубья, возникающих при резких изменениях числа оборотов.

Ось сателлита снаружи цементирована. Внутри она имеет полость, в которой выполнено 10 шлицев под замок гайки, цилиндрическое гнездо под пружину замка и для опоры хвостовика гайки, левую резьбу под гайку крепления сателлита на лапе вала винта. Для прохода масла на смазку редуктора ось имеет два наклонных канала.

Гайка сателлита стальная, имеет упорный фланец, рабочая поверхность которого фосфатирована для улучшения антифрикционных свойств. Хвостовик гайки с левой резьбой. Внутри его выполнено отверстие в форме двойного шестиугранника под замок. Затягивается гайка с усилием 7—11 кгс · м.

Замок гайки состоит из стержня и пружины. При постановке замка передний пятиугранный конец стержня входит в шлицы оси сателлита, задний шестиугранный конец — в двойной шестиугранник гайки. Стержень имеет упорный фланец для пружины и паз на заднем торце для ввода его в гайку.



*Рис. 6-5. Неподвижная шестерня редуктора*

**Неподвижная шестерня редуктора** (рис. 6-5) изготовлена из поковки высококачественной стали, имеет наружный зубчатый венец с 30 зубьями и фасонный фланец с 10 отверстиями для крепления к носку картера. Во фланце просверлено шесть отверстий для облегчения шестерни и для соединения полости упорно-опорного подшипника с полостью носка картера. Центрирование шестерни обеспечивается наружной обоймой упорно-опорного подшипника, которая входит в специальную выточку на торце ее фланца.

Шестерня имеет сквозную осевую расточку, поверхность которой азотирована на глубину 0,4—0,8 мм и хонингована. На эту поверхность опираются маслоуплотнительные кольца распорной втулки упорно-опорного подшипника, установленной на валу винта.

В теле неподвижной шестерни просверлено два канала для подвода масла от РПО (регулятор постоянных оборотов) в механизм винта. Сверху на боковой поверхности фланца эти каналы закрыты заглушками. Один канал соединяет верхнее отверстие на фланце шестерни с двумя задними отверстиями на поверхности ее расточки. Второй канал соединяет нижнее отверстие на фланце с передним отверстием на поверхности расточки шестерни.

Герметичность разъема шестерни и носка картера обеспечивается только плотным прилеганием пришабренных поверхностей фланца и носка друг к другу.

Шестерня крепится к носку картера восемью болтами и двумя шпильками. Болты устанавливаются головками внутрь носка картера. Головки болтов круглые и имеют боковые срезы, которыми прилегают к буртику фланца шестерни, что предотвращает проворачивание их во время затяжки гаек. Для улучшения герметичности уплотнения по болтам они при затяжке гаек обжимаются резиновыми маслоуплотнительными кольцами. Для установки колец в носке картера со стороны переднего фланца выполнены специальные проточки. Вместе с неподвижной шестерней к носку картера крепится фасонное стальное кольцо 6 (см. рис. 6-8), предохраняющее сателлиты от выпадания в случае самоотвинчивания гаек крепления.

Снаружи на выступающую часть болтов крепления неподвижной шестерни посажен фланец носка картера. Чтобы во время установки фланца или диска болты не выпали в картер, они фиксируются специальными пружинными замками. Последние вставляются в кольцевые выточки на выступающей из носка картера части болтов. При этом очень важно не нарушить нормальную затяжку гаек болтов. Недостаточная или неравномерная затяжка их может привести к утечке масла, поступающего от РПО в винт, а также к перекосу неподвижной шестерни, что нарушает нормальное зацепление ее с сателлитами и вызывает разрушение их зубьев. Поэтому гайки болтов крепления неподвижной шестерни необходимо затягивать только тарированным ключом, соблюдая определенную последовательность: сначала все гайки, лежащие крест-накрест, затянуть с усилием 4,6 кгс•м, затем ослабить их и снова затянуть, но уже с усилием 4 кгс•м, следя за тем, чтобы одна из прорезей коронки гайки совпала с отверстием болта. После этого гайки надо законтрить.

**Вал винта** (см. рис. 6-2, 6-6, 6-7) передает на воздушный винт крутящий момент, полученный от коленчатого вала через шестерни редуктора. Вал пустотелый, изготовлен из поковки высококачественной стали и состоит из шести лап, ступицы и носка.

На валу устанавливается распорная втулка упорно-опорного подшипника, подшипник и маслоотражатель. Все эти детали крепятся гайкой упорно-опорного подшипника.

На цилиндрической части носка вала, выступающей из носка картера, устанавливается дистанционное кольцо заднего конуса винта и задний конус. Носок имеет шлицы для установки винтам. Между двумя

шлицами запрессован стальной штифт. Соответственно один из шлицев втулки винта срезан, что обеспечивает установку винта на валу в строго определенном положении.

Перед шлицами на носке вала устанавливается передний конус. Винт затягивается на конусах гайкой, которая навертывается на резьбу носка. Для предохранения от коррозии носок вала кадмирован.

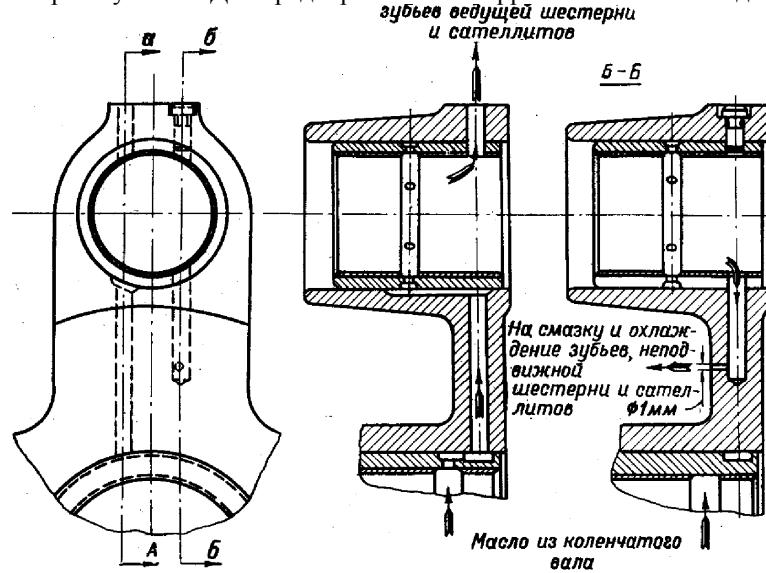


Рис. 6-6. Расположение масляных каналов в лапе вала винта

Каждая лапа вала винта (см. рис. 6-6) имеет расточку, в которую запрессована стальная втулка, залитая свинцовистой бронзой. Эта втулка является подшипником оси сателлита. На наружной и внутренней поверхности втулки сделано по одной кольцевой канавке. Они соединены между собой радиальными отверстиями и служат для прохода масла на смазку оси сателлита и зубьев шестерен редуктора. Для этой же цели в каждой лапе имеются два параллельных канала (сквозной и глухой).

Вал винта (см. рис. 6-7) опирается на шейки носка коленчатого вала стальными втулками 1, внутренняя поверхность которых залита свинцовистой бронзой. Между втулками внутри вала винта запрессована стальная гильза 2, образующая с ним кольцевую полость для прохода масла от РПО в винт. Перед передней втулкой устанавливается маслораспределительная втулка, обеспечивающая раздельный подвод масла от РПО в полости малого и большого шага механизма винта. Маслораспределительная втулка и детали подвода масла в винт крепятся гайкой. Для прохода масла от РПО в винт вал имеет два радиальных отверстия.

**Распорная втулка упоро-опорного подшипника** (рис. 6-8) изготовлена из высококачественной стали. Втулка служит задним упором внутренней обоймы упоро-опорного подшипника и обеспечивает перепуск масла, идущего от РПО в винт, из каналов неподвижной шестерни.

Внутренняя поверхность втулки омеднена и освинцована.

Для повышения твердости опорных поверхностей переднего буртика втулки они азотированы с обеих сторон на глубину 0,4—0,7 мм.

Маслоуплотнительные кольца втулки бронзовые. Для смазки торцовых поверхностей кольца имеют отверстия по всей окружности.

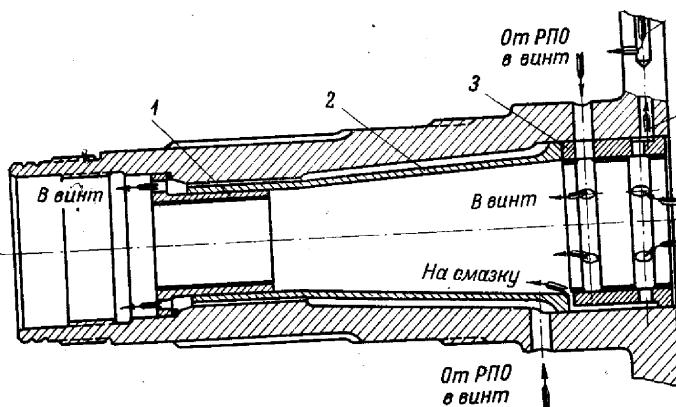


Рис. 6-7. Продольный разрез вала винта:  
1—передняя втулка; 2—гильза; 3 — задняя втулка

**Упорно-опорный подшипник вала винта** шариковый. Его назначение — воспринять силу тяги винта и передать ее на носок картера. От носка картера через соединения его частей сила тяги передается на подмоторную раму и на узлы крепления ее к самолету. Подшипник разборный, с монолитным сепаратором, устанавливается на шейку вала винта перед распоркой втулкой. Внутренняя обойма подшипника закреплена на валу винта гайкой. Наружной обоймой он устанавливается в стальное гнездо носка картера и зажимается между неподвижной шестерней редуктора и фланцем носка картера. Смазка и охлаждение подшипника маслом производятся барботажным способом.

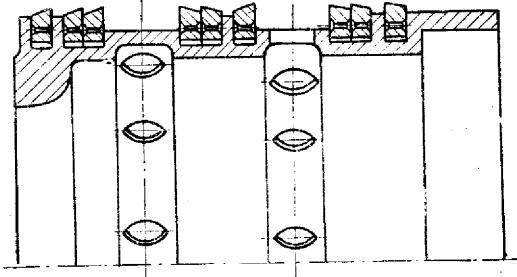


Рис. 6-8. Распорная втулка упорно-опорного подшипника.

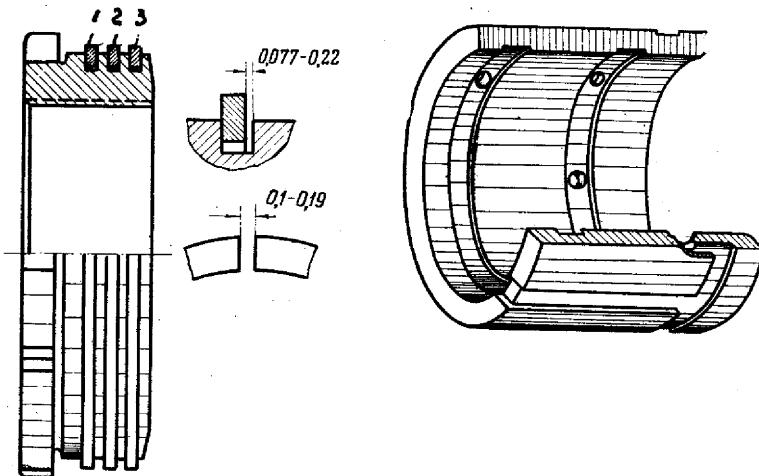


Рис. 6-9.  
Гайка упорно-опорного  
подшипника.  
1,2,3-  
маслоуплотнительные  
кольца.

Рис. 6-10. Задняя втулка  
вала винта

Перед упорно-опорным подшипником устанавливается дисковый маслоотражатель.

**Гайка упорно-опорного подшипника** (рис. 6-9) закрепляет его внутреннюю обойму на валу винта и вместе с маслоотражателем уплотняет вал винта в носке картера. Гайка изготовлена из стали. Маслоуплотнительные кольца ее опираются на азотированную поверхность стального фланца носка картера. Зазор колец в стыке должен быть  $0,10-0,19$  мм, боковой зазор —  $0,077-0,22$  мм. Стыки колец располагаются под углом  $120^{\circ}$ . Резьба гайки изготовлена с высокой точностью и омеднена.

**Задняя втулка вала винта** (рис. 6-10) стальная. Ее внутренняя поверхность залита свинцовистой бронзой и освинцована. Втулка запрессована в вал винта с натягом и от проворачивания застопорена штифтом. Она имеет паз на переднем торце, две внутренние кольцевые, наружную кольцевую и продольную канавки.

Передняя внутренняя канавка сообщена радиальным отверстием с задним радиальным отверстием вала винта и служит для перепуска масла, идущего от РПО в винт, в полость между носком коленчатого вала и запрессованной в него стальной трубой.

Задняя внутренняя канавка втулки с шестью радиальными отверстиями сообщается с ее наружной кольцевой канавкой. Последняя в свою очередь через продольную канавку и паз на переднем торце втулки

сообщена с кольцевой полостью между носком коленчатого вала и гильзой вала винта. Все эти три канавки и паз служат для подвода масла на смазку подшипников вала винта, осей сателлитов и зубьев шестерен редуктора. Масло к ним поступает из третьего от щеки отверстия носка коленчатого вала.

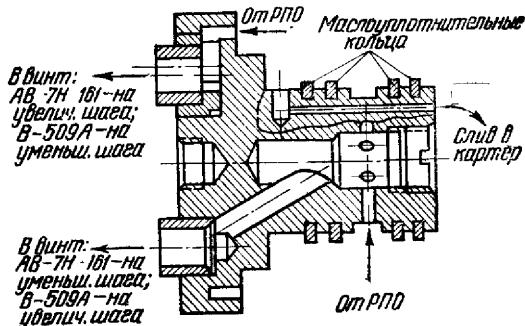


Рис. 6-11. Маслораспределительная втулка

**Гильза вала винта** стальная, имеет задний посадочный поясок и переднюю цилиндрическую опору, которыми она запрессована в вал винта. Между гильзой и валом винта образована полость. В нее через переднее радиальное отверстие вала винта поступает масло от РПО

Для прохода масла из этой полости в винт на наружной поверхности передней опоры гильзы имеются продольные канавки.

**Передняя втулка вала винта** стальная. Внутренняя поверхность ее залита свинцовистой бронзой, а затем освинцована. Втулка имеет упорный фланец с продольными отверстиями и по всей его окружности для прохода масла в винт из полости между гильзой и валом винта. При запрессовке втулки в гильзу вала винта под ее фланец устанавливается маслоуплотнительная прокладка из красной меди.

**Маслораспределительная втулка** (рис. 6-11) служит для раздельного подвода масла от РПО в полости большого и малого шага механизма воздушного винта и для слива масла в картер двигателя из полости втулки винта.

Втулка стальная, трехступенчатая. Меньшим диаметром она входит в переднюю опору трубы носка коленчатого вала, средним — в переднюю втулку вала винта, а задним торцем большего диаметра опирается на фланец этой втулки через медную освинцовенную маслоуплотнительную прокладку. На переднем торце втулки имеются две засверловки и два гнезда.

Через центральную засверловку, четыре наклонных и четыре продольных канала диаметром 3,5 мм масло из полости втулки воздушного винта АВ-2 сливается в картер. В оба гнезда запрессованы короткие стальные трубы. Трубка диаметром 14 мм сообщается (через наклонный канал в теле втулки, ее внутреннюю полость и радиальные сверления в стенках) с полостью между чугунными маслоуплотнительными кольцами, установленными в канавках на наружной поверхности втулки. По этому пути масло поступает от РПО в полость большого шага механизма винта АВ-2.

Через трубку диаметром 12 мм, сообщенную с кольцевой проточкой на заднем опорном фланце втулки, масло поступает от РПО в полость малого шага механизма винта АВ-2.

Засверловка диаметром 6 мм и глубиной 3 мм сделана для отличия трехканальной втулки от ранее выпускавшихся двухканальных маслораспределительных втулок. Последние не имели канала для слива масла из полости втулки винта в картер.

#### 4. СМАЗКА РЕДУКТОРА

Трущиеся поверхности деталей редуктора (рис. 6-12) смазываются маслом, поступающим под давлением из полости между электронным стаканом и носком коленчатого вала через его третье от щеки отверстие. Отсюда масло попадает в заднюю внутреннюю кольцевую канавку задней втулки вала винта, проходит по лыске задней шейки носка коленчатого вала и смазывает задний подшипник вала винта.

Через радиальные отверстия втулки масло поступает из ее внутренней канавки в наружную кольцевую канавку, откуда расходится по двум направлениям: на смазку переднего подшипника (втулки) вала винта и на смазку втулок осей сателлитов и зубьев шестерен

К переднему подшипнику вала винта масло проходит через продольную канавку на наружной поверхности втулки, срез на ее переднем торце и поступает в кольцевую полость между носком коленчатого вала и гильзой вала винта, откуда расходится по лыске передней шейки носка коленчатого вала и смазывает подшипник по всей его длине.

Масло, выдавливаемое из зазоров между подшипником и шейкой носка коленчатого вала, поступает в полость перед двумя передними кольцами маслораспределительной втулки вала винта и по каналам в ее теле стекает в средний картер через внутреннюю полость коленчатого вала.

\*РПО — регулятор постоянных оборотов двигателя.

Подшипники осей сателлитов и зубьев шестерен редуктора смазываются маслом, поступающим из наружной кольцевой канавки задней втулки по сквозным радиальным каналам лап вала винта

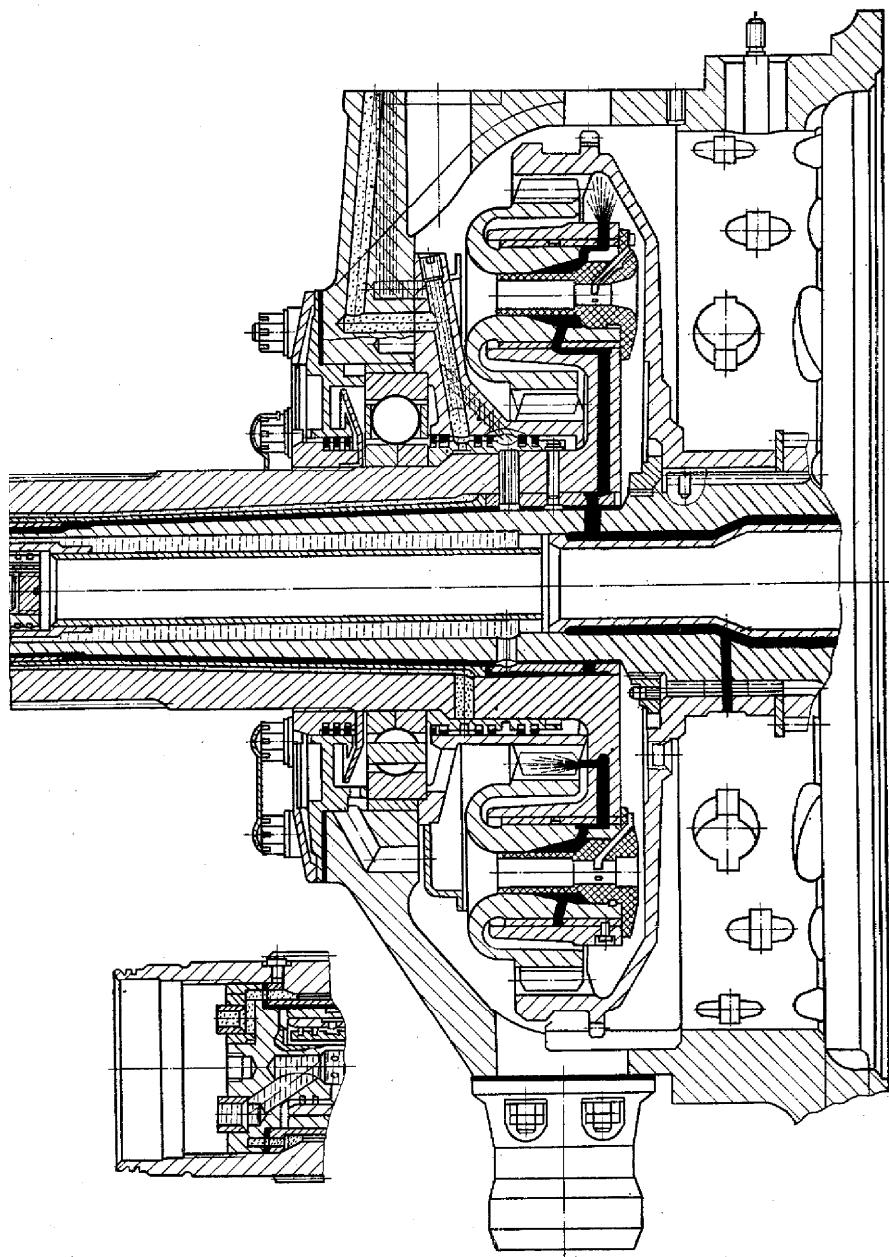


Рис. 6-12. Редуктор двигателя АШ-62ИР.

По каждому каналу масло доходит до продольной канавки на внутренней поверхности расточки лапы, движется по ней по направлению к винту и входит в наружную кольцевую канавку втулки лапы, а оттуда через радиальные отверстия — в ее внутреннюю кольцевую канавку. Отсюда масло частично расходится по зазорам между втулкой и осью сателлита и смазывает их трещищиеся поверхности. Большая же часть масла через переднее наклонное отверстие оси сателлита поступает в полость между осью и гайкой сателлита, а затем через заднее наклонное отверстие оси — к лыске на ее наружной поверхности.

При совпадении лыски с внешним открытым отверстием втулки, совмещенным со сквозным каналом лапы, масло фонтанирует на зубья ведущей шестерни и сателлитов, смазывает их и охлаждает.

Когда лыска совпадает с внутренним отверстием втулки, совмещенным с глухим каналом лапы, масло через отверстие диаметром 1 мм фонтанирует на зубья неподвижной шестерни и сателлитов.

## 5. НЕИСПРАВНОСТИ ДЕТАЛЕЙ РЕДУКТОРА, ИХ ПРИЧИНЫ, УСТРАНЕНИЕ И ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Неисправности редуктора, которые можно устранить в условиях эксплуатации, следующие.

**1) Забоины или частичный срыв резьбы вала винта под гайку крепления втулки винта или резьбы под гайку упорно-опорного подшипника.** Причина неисправности — неаккуратное обращение, наличие грязи на резьбе вала или гайки, неправильное навертывание гайки на резьбу вала.

Неисправность устраняется путем зачистки резьбы. Отдельные забоины зачищаются бруском или трехгранным надфилем. Участки сорванной резьбы спиливают до основания, зачищают и полируют шкуркой, смоченной в бензине. После зачистки резьбу промывают бензином и проверяют навертыванием гайки. Перед навертыванием резьбу гайки смазывают графитной смазкой. Гайка должна свободно, без заеданий, навертываться на резьбу от руки до упора. Отдельные забоины и срывы в начале резьбы не должны превышать в сумме 1,5—2 нитки. Если сорвано более двух ниток резьбы, двигатель необходимо снять и направить в ремонт.

**2) Наклеп и надиры на шейках вала винта в местах посадки конусов и на рабочих гранях шлицев.** Причина — слабая затяжка гайки крепления винта.

Наклеп устраниют зачисткой его мелкозернистым бруском. Места зачистки полируют шкуркой № 230 и промывают бензином. При значительном наклете на валу винта двигатель необходимо снять и направить в ремонт. Во всех случаях образования наклела промыть носок вала винта керосином, насухо протереть и тщательно осмотреть через лупу 8—10-кратного увеличения, чтобы убедиться, что на нем нет трещин.

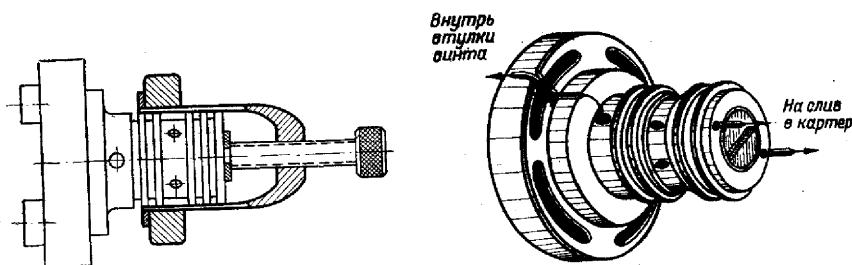
Для того чтобы предупредить появление наклела, необходимо строго соблюдать регламент проверки затяжки гайки крепления винта на валу. Первая проверка производится через 3 ч работы двигателя после замены или установки винта. Последующие — через каждые 50 ч. Момент затяжки гайки — 100—120 кгс·м.

**3) Нарушение герметичности маслоуплотнительных колец маслораспределительной втулки.** В этом случае винт АВ-2 медленно переходит на большой шаг вследствие утечки масла в картер из полости между кольцами и уменьшения давления в полости большого шага винта. Причина неисправности — увеличение зазоров колец вследствие их износа или износа передней опоры трубы носка коленчатого вала.

Для устранения неисправности необходимо снять цилиндровую группу винта, отвернуть гайку крепления штуцера винта и маслораспределительной втулки. Вынуть их и осмотреть рабочую поверхность передней опоры трубы носка коленчатого вала — нет ли на ней кольцевой выработки. Если выработки нет, то осмотреть кольца маслораспределительной втулки и убедиться в отсутствии следов их пригорания, измерить боковой зазор колец в канавках втулки (величина зазора 0,05—0,22 мм), снять кольца и, установив их по одному в опору трубы так, чтобы они опирались на приработанную ими поверхность, проверить зазор колец в стыке (величина зазора 0,10—0,20 мм).

При наличии следов пригорания колец или чрезмерно больших зазоров кольца необходимо заменить. Новое кольцо подбирают по величине зазора в стыке в месте его

работы в опоре трубы, после чего, установив его в соответствующую канавку втулки, проверяют величину бокового зазора.



*Rис. 6-13. Приспособление для установки колец в канавки маслораспределительной втулки вала винта*

*Рис. 6-14. Разрушение прокладки под фланцем маслораспределительной втулки.*

Перед установкой колец пазы втулки следует очистить от грязи и промыть керосином. Установку колец удобно производить, пользуясь приспособлением, показанным на рис. 6-13.

После подбора колец их смазывают маслом, разводят стыки двух соседних колец на 180° и устанавливают втулку на место, подложив под нее медную прокладку. Момент затяжки гайки крепления втулки 40—50 кгс·м.

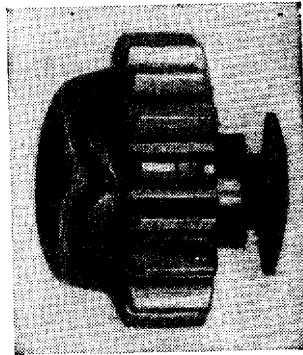


Рис. 6-15. Разрушение сателлитов

Собрав цилиндровую группу винта, необходимо запустить двигатель и убедиться в том, что неисправность устранена.

**4) Нарушение герметичности прокладки под фланцем маслораспределительной втулки.** В этом случае происходит утечка масла из кольцевого паза втулки в картер, или через резьбу гайки крепления маслораспределительной втулки, или по наклонным и продольным каналам в теле втулки (рис. 6-14).

Внешний признак неисправности — медленный переход винта АВ-2 на малый шаг. Неисправность устраняется заменой прокладки.

Неисправности, аналогичные двум последним, могут иметь место при нарушении герметичности паронитовой прокладки между маслораспределительной втулкой и штуцером подвода масла в винт.

К числу неисправностей деталей редуктора, требующих отправки двигателя в ремонт, относятся:

**а) трещины носка вала винта от усталости металла.** Причиной неисправности является сильный наклеп на шейках вала под конусами, на рабочих гранях, а также на цилиндрических поверхностях шлицев по причинам, указанным выше, или грубая обработка поверхностей шлицевых пазов и несоблюдение радиусов переходов от пазов к шлицам (галтелей);

**б) усталостное разрушение по окружности колоколообразной части сателлитов редуктора** (рис. 6-15). Главные причины разрушения сателлитов:

-подрезы в местах перехода от оси к зубчатому венцу, ослабляющие наиболее напряженный участок сателлита;

-грубая механическая обработка переходов внутренних и наружных поверхностей от оси к зубчатому венцу;

-перегрузка отдельных сателлитов вследствие неравномерных зазоров в зубьях шестерен, вызванных нарушением технологии ремонта двигателя или неравномерным износом зубьев шестерен.

Обычно при разрушении одного из сателлитов разрушаются или частично повреждаются все другие детали редуктора и происходит отказ двигателя.

**в) износ зубьев неподвижной шестерни редуктора.** Дефект имеет технологический характер и встречается весьма часто. Определяется по наличию в масле мелкой стальной стружки.

## ГЛАВА 7. МЕХАНИЗМ ГАЗОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДВИГАТЕЛЯ АШ-62ИР.

### 1. НАЗНАЧЕНИЕ И СХЕМА РАБОТЫ МЕХАНИЗМА ГАЗОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ

Механизм газораспределения предназначен для обеспечения своевременного открытия и закрытия клапанов впуска и выпуска в соответствии с установленным порядком работы цилиндров двигателя.

Механизм газораспределения состоит из следующих основных узлов:

- привод механизма газораспределения и кулачковая шайба;
- направляющие толкателей и толкатели;
- тяги и кожухи тяг;
- рычаги клапанов;
- клапаны, седла, направляющие и пружины клапанов.

Принципиальная схема механизма газораспределения показана на рис. 7-1.

От коленчатого вала через шестеренчатый привод приводится во вращение кулачковая шайба, имеющая на наружной поверхности радиально расположенные кулачки. Набегая на ролики толкателей, кулачки перемещают их в направляющих в сторону от оси картера. Вместе с толкателями перемещаются их шаровые гнезда и тяги, установленные между шаровыми гнездами и регулировочными винтами рычагов клапанов. Тяга перемещает переднее плечо рычага в направлении от оси картера; заднее плечо приближается к ней, упираясь своим роликом в торец штока клапана, сжимает клапанные пружины и открывает клапан для впуска свежей смеси или для выпуска отработавших газов.

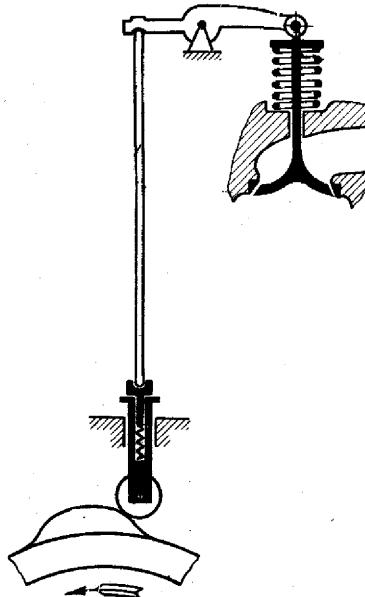


Рис. 7-1. Принципиальная схема механизма газораспределения

Как только кулачок начнет сбегать с ролика толкателя, рычаг, тяга и толкатель под действием силы клапанных пружин перемещаются в обратном направлении и клапан опускается к седлу. После того как кулачок сошел с ролика толкателя, клапан полностью садится на седло и выпуск смеси в цилиндр или выпуск газов из него прекращается.

При дальнейшем вращении кулачковой шайбы ролик толкателя катится по ее окружной беговой дорожке. Толкатель, тяга и рычаг клапана остаются неподвижными до тех пор, пока на ролик толкателя не набежит следующий кулачок. Таким образом, размеры кулачка определяют продолжительность открытия и величину хода клапана, а расстояние между двумя соседними кулачками — продолжительность закрытия клапана.

Чтобы при сбеге кулачка с ролика толкателя клапан полностью сел на седло, между роликом рычага и торцом штока клапана должен быть предусмотрен зазор. Если его не будет, клапан может не опуститься на седло вследствие вытяжки штока или в результате износа седла, что приведет к нарушению нормальной работы двигателя.

Отсутствие зазора может привести к неполной посадке клапана у неработающего двигателя при низких температурах, что затруднит его запуск.

Для обеспечения полной посадки клапана на седло на холодном двигателе АШ-62ИР устанавливается зазор 0,5 мм. Величина его выбрана с таким расчетом, чтобы при возможной вытяжке штока клапана и износе седла за время между регулировками в процессе эксплуатации зазор не устранился полностью и не нарушилась нормальная работа холодного двигателя (сразу после запуска и в начале прогрева).

В результате нагрева деталей величина зазора у звездообразных двигателей, имеющих такую же схему механизма газораспределителя, как и двигатель АШ-62ИР, увеличивается вследствие температурного расширения деталей. Главную роль в увеличении зазора при нагреве двигателя играет удлинение цилиндра и штоков клапана. Удлинение цилиндра двигателя АШ-62ИР в результате нагрева на 145°C составляет около 2,4 мм и приводит к увеличению зазора. Удлинение клапанов впуска и выпуска в тех же условиях составляет в среднем 1,0 мм и вызывает уменьшение зазора. В итоге при нагреве двигателя зазор между роликом рычага и торцом штока клапана увеличивается примерно на 1,4 мм и в рабочем состоянии равен 1,9 мм. При таком зазоре и установлены фазы газораспределения двигателя.

Когда клапан закрыт, этот зазор выбран пружиной, установленной между толкателем и его шаровым гнездом. Она обеспечивает постоянный контакт наконечников тяги с шаровым гнездом толкателя и с регулировочным винтом рычага клапана, необходимый для прохода масла к подшипнику рычага.

## 2. КОНСТРУКЦИЯ ДЕТАЛЕЙ МЕХАНИЗМА ГАЗОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ

### 2.1. ПРИВОД МЕХАНИЗМА ГАЗОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ

Назначение привода — вращать кулачковую шайбу с определенной скоростью и в необходимом направлении. Принципиальная схема привода дана на рис. 7-2. Его ведущая шестерня (39 зубьев) установлена на шлицах передней части коленчатого вала. Она сцеплена с большим венцом двойной шестерни, также с 39 зубьями. Ось двойной шестерни закреплена на стенке передней части среднего картера. Малый венец ее имеет 13 зубьев и сцеплен с внутренним зубчатым венцом кулачковой шайбы со 104 зубьями.

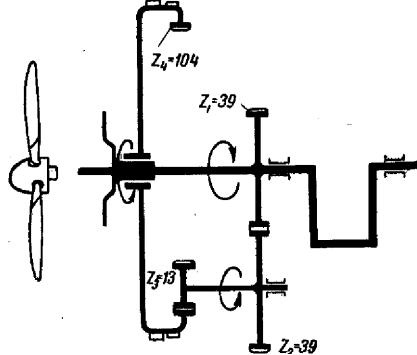


Рис. 7-2. Схема привода механизма газораспределения

Передаточное число от коленчатого вала к кулачковой шайбе равно:

$$i_{\kappa.u} = \frac{z_1}{z_2} \cdot \frac{z_3}{z_4} = \frac{139}{30} \cdot \frac{13}{104} = \frac{1}{8}$$

Таким образом, привод механизма газораспределения обеспечивает вращение кулачковой шайбы со скоростью, в 8 раз меньшей скорости вращения коленчатого вала, и в сторону, обратную направлению его вращения.

### 2.2. КОНСТРУКЦИЯ ПРИВОДА

В конструкцию привода механизма газораспределения входят шестерни, фланец для подачи масла к оси двойной шестерни, ось двойной шестерни и детали ее крепления к картеру.

Ведущая шестерня привода (рис. 7-3) имеет наружный зубчатый венец, цилиндрическую шейку с двумя кольцевыми канавками для установки чугунных маслоуплотнительных колец и внутренние шлицы, которыми она надевается на коленчатый вал. Одна из шлиц подачи масла удалена для установки шестерни на валу в определенном положении.

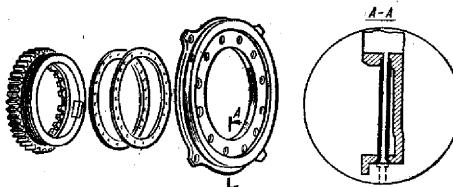


Рис. 7-3. Ведущая шестерня и фланец

На внутренней поверхности шестерни за шлицами имеется небольшая сегментная лыска, которая

соединена тремя радиальными отверстиями с полостью, образуемой маслоуплотнительными кольцами. Отверстия перепускают масло из полости между носком коленчатого вала и стаканом к оси двойной шестерни привода.

**Фланец подачи масла** (см. рис. 7-3) служит для подвода масла с оси двойной шестерни. Одновременно он фиксирует наружную обойму переднего подшипника коленчатого вала и сам вал от перемещения вперед. Фланец изготовлен из высококачественной стали, устанавливается в гнезде переднего подшипника коленчатого вала и крепится к нему винтами за четыре лапы. Винты контрятся проволокой.

На внутреннюю азотированную поверхность фланца опираются маслоуплотнительные кольца ведущей шестерни привода. Для подхода масла из полости между кольцами к наружной цилиндрической поверхности фланца последний имеет стальную трубку. Соосно с трубкой расположено отверстие в буртике гнезда подшипника, выступающим из стенки картера, через которое масло проходит в ось двойной шестерни.

**Двойная шестерня** эластичная. Зубчатые венцы ее изготовлены раздельно и соединены между собой пружинными пакетами, допускающими некоторое окружное смещение венцов относительно друг друга. Эластичность сочленения венцов шестерни сглаживает ударные нагрузки на зубья всех шестерен привода. Эти нагрузки периодически возникают при набегании кулачков кулачковой шайбы на ролики толкателей и в результате резкого изменения числа оборотов коленчатого вала. В момент удара пружины сжимаются, воспринимая на себя часть нагрузки. Введение эластичной двойной шестерни значительно повысило надежность работы всего привода.

Конструкция шестерни показана на рис. 7-4. Зубья ее обоих венцов цементированы. Каждый амортизационный пакет шестерни состоит из пружины и двух стальных сухариков, которыми он опирается на выступы фланцев. Кроме того, сухарики предохраняют пружины от недопустимо большого обжатия. От продольных перемещений и выпадения пружинные пакеты удерживаются выступами фланца большого венца и специальной крышкой, которая винтами закреплена на фланце малого венца с передней стороны.

**Ось двойной шестерни** (рис. 7-5) — стальная пустотелая, изготовлена заодно с фасонным фланцем 4, за три лапы которого она крепится к стенке передней части среднего картера. Внутренняя полость оси с задней стороны закрыта завальцованный в нее заглушкой 8. С передней стороны она закрывается специальной резьбовой пробкой 2, которая своим фланцем ограничивает перемещение шестерни вперед. Ось имеет два радиальных отверстия: одно — для подвода масла внутрь нее, другое — для выхода масла на наружную поверхность.

Внутренняя полость оси шестигранного сечения. В нее устанавливается замок 1 для контроля пробки, представляющий собой двухступенчатый шестигранный стержень. Большим сечением он помещается в шестигранной полости оси, меньшим входит в двенадцатигранное осевое отверстие пробки. Пружина, опирающаяся на заглушку, плотно прижимает конусную поверхность замка к гнезду пробки, надежно контрат ее и создает хорошее уплотнение внутренней полости оси. Для прохода масла замок имеет осевое и радиальное отверстия.

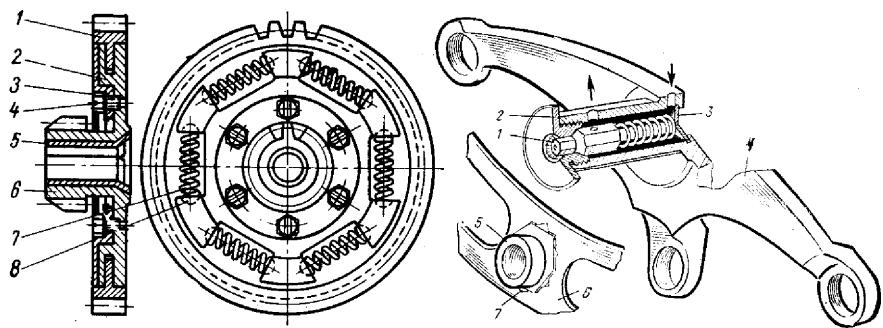
Ось шестерни крепится к картеру тремя болтами, которые своими конусными головками запрессованы в отверстия стенки передней части среднего картера. На болты надеваются стальные омедненные эксцентриковые втулки 5, а на них устанавливается фланец оси. Поворотом втулок можно изменять положение оси и тем самым регулировать зазоры между зубьями шестерен привода. После подбора зазоров втулки фиксируются стопорной планкой 6, которая своими двенадцатигранными отверстиями надевается на шестигранники втулок.

На одной из граней шестигранника каждой втулки нанесена риска. Если риски всех трех втулок обращены в сторону коленчатого вала, то зазор в зацеплении зубьев двойной и ведущей шестерен будет наименьшим; при повороте втулок на  $180^\circ$  зазор наибольший. Промежуточные положения втулок дают соответственно различные зазоры. Во время регулирования зазоров все втулки следует поворачивать в одну сторону и на одинаковый угол.

Ось двойной шестерни монтируется на эксцентриковые втулки с радиальным и осевым зазором, что дает ей возможность самоустанавливаться. Сделано это для того, чтобы температурные деформации, возникающие при нагреве картера, не привели к перекосу двойной шестерни и к нарушению правильного зацепления зубьев шестерен привода.

**Смазка оси двойной шестерни.** Из полости между электронным стаканом и носком коленчатого вала, через его первое от щеки отверстие масло подходит к сегментной лыске на ведущей шестерне, откуда через три радиальных отверстия поступает в полость между маслоуплотнительными кольцами. Из нее по трубке во фланце и через отверстие в нижней части гнезда переднего подшипника коленчатого вала масло поступает в ниппель, установленный между гнездом подшипника и фланцем оси двойной шестерни. Через заднее отверстие оси масло входит в ее внутреннюю полость, омывает замок, а затем через его отверстия и переднее отверстие оси выходит на смазку трущихся поверхностей (см. рис. 7-5).

Ниппель, установленный между гнездом подшипника коленчатого вала и осью, своим цилиндрическим концом входит в отверстие оси, а сферическим прижат при помощи пружины к гнезду подшипника. Жесткое соединение ниппеля с осью и гнездом подшипника недопустимо, так как при работе двигателя ось меняет свое положение за счет постановки ее на эксцентриковых втулках с зазорами.



*Рис. 7-4. Двойная шестерня привода механизма газораспределителя: 1 — большой венец; 2 — фланец; 3 — крышка; 4 — винт; 5 — втулка; 6 — малый венец; 7 — пружина; 8 — сухарик*

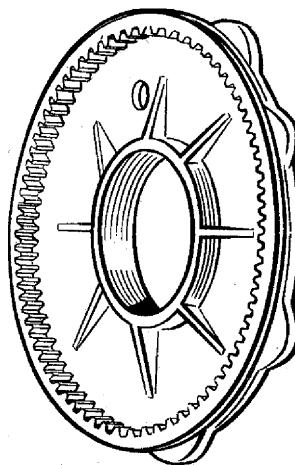
*Рис. 7-5. Детали оси двойной шестерни: 1 — замок; 2 — пробка; 3 — заглушка; 4 - фланец; 5 — эксцентриковая втулка; 6—стопная планка*

### 2.3. КУЛАЧКОВАЯ ШАЙБА

Кулачковая шайба (рис. 7-6) —стальная, имеет внутренний зубчатый венец, наружные радиально расположенные кулачки и ступицу. В отверстие ступицы запрессована бронзовая втулка. Втулка стопорится резьбовой шпилькой.

Кулачки шайбы цементированы на глубину 0,9—1,7 мм. Они расположены в два ряда. Передний ряд обслуживает клапаны выпуска, задний — клапаны впуска. В каждом ряду имеются четыре кулачка, расположенных под  $90^\circ$  один к другому.

При таком числе и расположении кулачков в ряду очередность работы цилиндров двигателя по установленному порядку 1—3—5—7—9—2—4—6—8 обеспечивается следующим образом (рис. 7-7). Угол развала между осями цилиндров двигателя и, следовательно, между осями одноименных толкателей, расположенных равномерно по окружности носка картера, равен  $\frac{360^\circ}{9} = 40^\circ$ . Следовательно, угол между осями цилиндров и одноименных толкателей, расположенных по порядку работы, равен  $80^\circ$ .



*Рис. 7-6. Кулачковая шайба*

Предположим, что кулачок № 1 своей вершиной набежал на толкатель цилиндра № 1 и полностью открыл его клапан. При этом кулачок № 2 не дошел до соответствующего положения к толкателью следующего по порядку работы цилиндра № 3 на  $10^\circ$ , кулачок № 3 — до толкателья цилиндра № 5 на  $20^\circ$ , а кулачок № 4 — до толкателья цилиндра № 7 на  $30^\circ$ .

В цилиндре № 3 одноименный клапан должен занять положение, аналогичное положению клапана в цилиндре № 1, через  $80^\circ$  поворота коленчатого вала. При повороте вала на этот угол кулачковая шайба повернется в обратную сторону на  $10^\circ$  и займет новое положение (См. пунктир на рис. 7-7), при котором

кулачек №2 своей вершиной подойдет к толкателю цилиндра №3 и полностью откроет его клапан.

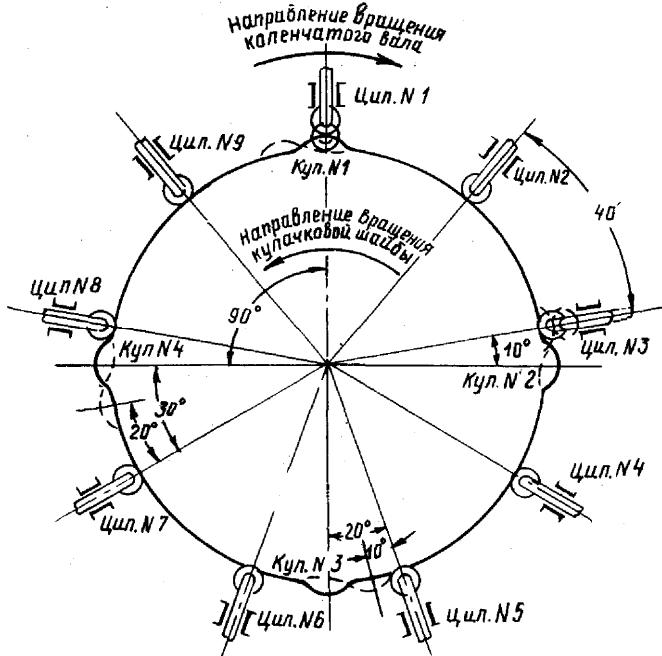


Рис. 7-7. Схема работы кулачковой шайбы

В этот момент вершина кулачка № 3 будет отстоять от толкателя цилиндра № 5 на  $10^\circ$ , вершина кулачка № 4 от толкателя цилиндра № 7 — на  $20^\circ$  и кулачка № 1 от толкателя цилиндра № 9 — на  $30^\circ$ . Клапаны этих цилиндров будут полностью открыты при последующем повороте коленчатого вала соответственно на  $80, 160, 240^\circ$ . Аналогичным порядком будут обслужены и все другие цилиндры.

Таким образом, за  $720^\circ$  поворота коленчатого вала кулачковая шайба повернется на угол  $\frac{720^\circ}{8} = 90^\circ$ ,

т. е. на угол развала кулачков. При этом четыре кулачка повернутся в сумме на  $360^\circ$  и обслужат поочередно все одноименные толкатели и все девять цилиндров двигателя.

Рассмотренная схема обслуживания цилиндров кулачками одного ряда одинакова как для кулачков впуска, так и для кулачков выпуска.

Взаимное положение кулачков впуска и выпуска на кулачковой шайбе показано на рис. 7-8. Вершины кулачков выпуска смешены относительно вершин кулачков впуска на угол  $39^\circ 28'$  в сторону обратную направлению вращения кулачковой шайбы. Величина этого угла зависит от величины фазы впуска и выпуска при рабочем зазоре 1,9 мм, взаимного расположения толкателей впуска и выпуска и от угла развала между ними.

Профиль кулачка определяет кинематику движения клапана и других деталей механизма газораспределения, а следовательно, величину и характер изменения их скорости и ускорения, сил инерции и механических нагрузок, действующих на его детали.

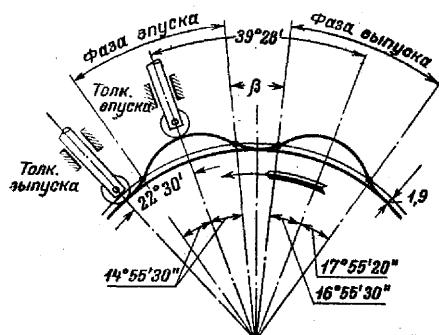


Рис. 7-8. Взаимное расположение кулачков впуска и выпуска на кулачковой шайбе

В основу выбора профиля кулачка положены следующие основные требования:

- 1) Время подъема клапана и опускания его на седло должно быть наименьшим. Это необходимо для того, чтобы клапан при заданной продолжительности открытия большее время находился в положении, близком к

полному открытию, и обеспечивал свободный вход смеси в цилиндр или выход из него отработавших газов.

2) Ускорения, а следовательно, и силы инерции при подъеме и опускании клапана должны быть наименьшими. В противном случае нагрузки на детали механизма газораспределения будут настолько велики, что он будет работать ненадежно.

3) Изменение фаз в результате изменения зазора в механизме газораспределения в пределах 0,5—1,9 мм не должно быть большим. При зазоре 0,5 мм увеличение фаз впуска и выпуска не должно вызывать ненормальной работы холодного двигателя. При зазоре 1,9 мм должна быть обеспечена величина фаз впуска и выпуска, соответствующая регулировочным данным двигателя.

Для удовлетворения первого из этих условий вершины кулачков сделаны пологими. Чтобы уменьшить скорости и ударные нагрузки в момент открытия и посадки клапана, кулачки корригированы.

Сущность корригирования (исправления) профиля кулачка заключается в следующем (рис. 7-9). Центральная часть кулачка *ab* имеет профиль такой же, как и у простого кулачка, рассчитанный на работу в горячем состоянии. Точки *a* и *b* профиля удалены от беговой дорожки шайбы примерно на величину рабочего зазора (1,9 мм). Участки *a'a* и *b'b* выполнены по так называемой архimedовой спирали, свойство которой заключается в том, что при движении по ней толкателя скорость всех звеньев механизма газораспределения остается постоянной, а ускорения и силы инерции равны нулю. Эти участки кулачка соединены с беговой дорожкой шайбы дугами окружности большого радиуса *r*.

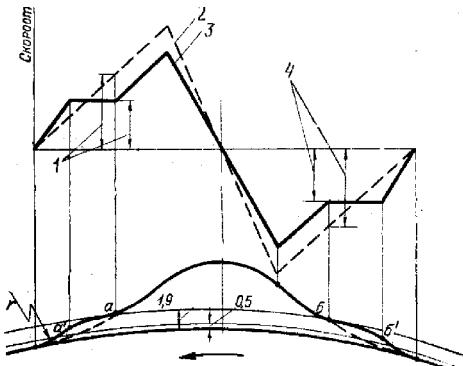


Рис. 7-9. Схема корригирования кулачка и характер изменения скорости звеньев механизма газораспределения при простом и корригированном кулачке:  
1 — скорость движения кулачка в момент открытия; 2 — простой кулачок;  
3 — корригированный кулачок; 4 — скорость подачи клапана

Как видно из рис. 7-9, корригирование кулачка значительно уменьшает скорость движения клапана в момент его открытия и посадки на седло (0,6—1,0 м/сек), за счет чего уменьшаются ударные нагрузки на детали механизма газораспределения. Величина ускорения клапана при этом составляет около 1 000 м/с<sup>2</sup>.

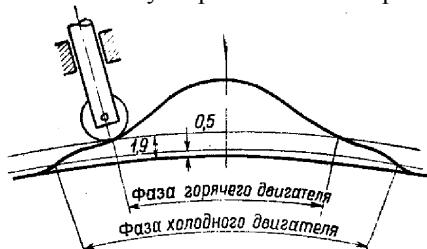


Рис. 7-10. Изменение фаз газораспределения в результате изменения величины зазора.

Корригирование кулачков не устраниет изменения фаз газораспределения при изменении зазора между деталями механизма. Принципиальная схема, поясняющая изменение фаз при изменении величины зазора, изображена на рис. 7-10. Из рисунка видно, что на холодном двигателе, когда зазор имеет меньшую величину, клапаны открываются раньше и закрываются позже, чем на горячем. В результате увеличивается фаза впуска и выпуска и угол перекрытия клапанов. Так, если в рабочих условиях при зазоре 1,9 мм у двигателя АШ-62ИР фаза впуска равна 239°, фаза выпуска—279° и угол перекрытия клапанов—40°, то при зазоре 0,5 мм, соответствующем холодному двигателю, фазы будут равны соответственно 312° и 356°, а угол перекрытия клапанов—92°30'. Газораспределение, как говорят, становится «дырявым». Этим объясняется склонность двигателя к обратным вспышкам в карбюратор в момент запуска, особенно при обеднении смеси из-за недостаточной заливки бензином.

Кулачковая шайба устанавливается при сборке двигателя в строго определенном положении. Для этого на зубьях всех шестерен привода механизма газораспределения керном нанесены метки.

#### 2.4.УЗЕЛ ТОЛКАТЕЛЯ

В узел толкателя (рис. 7-11) входят: толкатель 1, предохранительное кольцо 2, ролик 3, втулка 4, ось ролика 5, пружина 7, шаровое гнездо 6 и направляющая толкателя 8.

**Толкатель** стальной, в нижней части имеет прорезь для ролика 3 и отверстия в стенках для оси ролика 5. В верхней части его сделана полость, в которую устанавливаются пружина 7 и шаровое гнездо 6. В толкателе просверлены два радиальных отверстия, через которые в полость проходит масло.

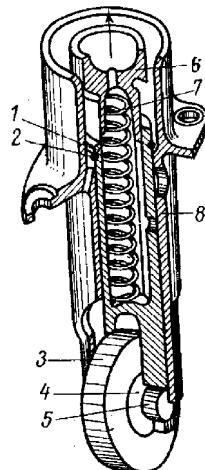


Рис.7-11. Узел толкателя.

1- толкатель; 2- предохранительное кольцо; 3- ролик; 4- втулка ролика; 5- ось ролика; 6- шаровое гнездо толкателя; 7- пружина толкателя; 8- направляющая толкателя

Наружная цилиндрическая поверхность толкателя для уменьшения износа отполирована и освинцована. В верхней ее части имеется кольцевая канавка, в которую ставится проволочное предохранительное кольцо 2. Назначение кольца — удерживать собранный узел толкателя от проваливания в полость носка картера во время установки узла на двигатель.

Все толкатели взаимозаменяемы.

**Шаровое гнездо толкателя** — стальное цилиндрическое двухступенчатое. С одной стороны оно имеет вогнутую сферическую поверхность, на которую опирается своим наконечником тяга, с другой стороны — внутреннюю конусную расточку, где помещается пружина толкателя. Конусная расточка сделана для устранения износа пружины из-за соприкосновения ее с внутренними стенками гнезда. Гнездо имеет осевое отверстие, через которое из толкателя в тягу проходит масло. Все шаровые гнезда взаимозаменяемы.

**Ролик толкателя** — стальной, имеет незначительную выпуклость по образующей (бочкообразность), которая предотвращает концентрацию нагрузки на краях ролика в случае его перекоса относительно кулачков и беговой дорожки кулачковой шайбы и уменьшает их износ. В центральное отверстие ролика устанавливается свободноплавающая бронзовая втулка 4 (см. рис. 7-11). Этой втулкой ролик опирается на стальную ось 5, свободно установленную в отверстиях щек толкателя.

Для повышения прочности и износостойчивости ролики и их оси цементируются и калятся.

**Направляющая толкателя** (рис. 7-11, 7-12) — стальная, полая, имеет фланец для крепления к носку картера двумя шпильками. Под фланец устанавливается паронитовая прокладка. В верхней части направляющей с помощью дюритового шланга крепится кожух тяги. На боковой поверхности нижней части направляющих нижних цилиндров (№ 4, 5, 6 и 7) сделано по две лыски, чтобы цилиндры не касались крышки двойной шестерни привода газораспределения.

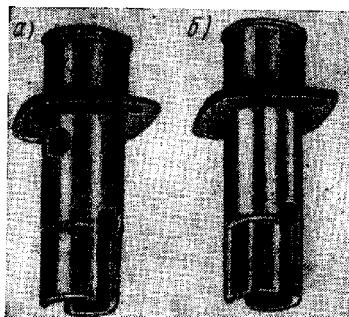


Рис.7-12.Направляющие толкателей.

а- для цилиндров № 1,2,3,8,9;

б- для цилиндров № 4,5,6,7.

Направляющие толкателей клапанов впуска и выпуска цилиндров № 1, 2, 3, 8, 9 (см. рис. 7-12, а) имеют

в стенках сквозное радиальное отверстие для подвода масла под давлением на смазку подшипников, рычагов клапанов и два наклонных отверстия для слива масла из клапанных коробок цилиндров через кожухи тяг в картер\*.

Направляющие толкателей всех остальных клапанов не имеют указанных выше отверстий. Они не взаимозаменяемы с направляющими первой группы.

Чтобы направляющую одной группы нельзя было поставить на место направляющей другой группы, расстояния между отверстиями под шпильки на их фланцах и соответственно между шпильками на носке картера сделаны различными.

На двигателях 15-й серии для повышения прочности утолщены на 1 мм выступы крышки 3 двойной шестерни привода механизма газораспределения (см. рис. 7-4). Для устранения касания об эти выступы зубчатый венец кулачковой шайбы урезан по ширине на 1 мм со стороны заднего торца. Направляющая толкатаеля впуска 5-го цилиндра имеет специальный срез. Расстояние между отверстиями под шпильки у этой направляющей исключает возможность постановки вместо нее другой направляющей. Для отличия от других она имеет на боковых поверхностях фланца две риски.

## 2.5. ТЯГИ И КОЖУХИ ТЯГ

**Тяги** (рис. 7-13) передают движение от толкательев к рычагам клапанов. Тяга представляет собой цельнотянутую стальную трубку, в которую с обоих концов запрессованы стальные закаленные сферические наконечники. Оба наконечника имеют по одному сквозному осевому отверстию для прохода масла к подшипнику рычага клапана. В рабочем положении тяга стоит наклонно, причем угол наклона меняется в зависимости от перемещения толкателья и рычага клапана.

Чтобы во всех ее положениях масло из шарового гнезда толкателья свободно проникало в тягу и из тяги в регулировочный винт рычага клапана, отверстия наконечников тяги у выхода раззенкованы до диаметра 4,8 мм.

Для облегчения регулировки зазоров при изменении их вследствие износа деталей механизма газораспределения, вытяжки клапана или просадки его в седле, выпускаются тяги длиной  $424 \pm 0,4$  и  $425 \pm 0,4$  мм.

Первые имеют около наконечника кислотное клеймо «1», вторые — клеймо «2».

Все тяги взаимозаменяемы.

**Кожухи тяг** (рис. 7-14) обеспечивают слив масла в картер из клапанных коробок верхних и поступление масла в клапанные коробки нижних цилиндров\*.

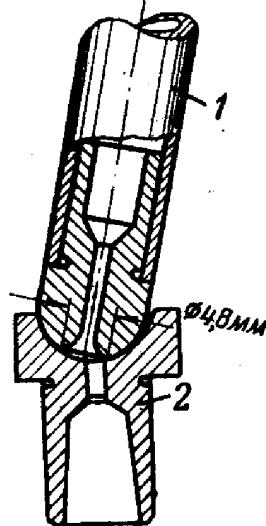


Рис. 7-13. Тяга толкателья.  
1 - тяга, 2 - толкатель

\*Направляющие клапана выпускa цилиндра № 8, клапана впуска цилиндра № 3 расположены ниже оси двигателя, и масло под давлением к ним не подводится.

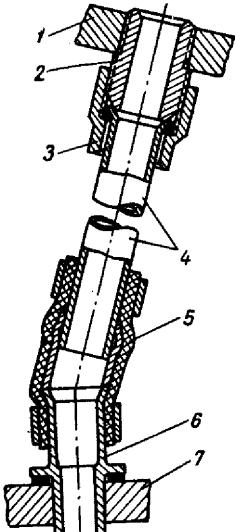


Рис. 7-14. Кожух тяги и его крепление.

1- головка цилиндра, 2- штуцер, 3- накидная гайка, 4- кожух тяги, 5- дюритовый шланг, 6- направляющая толкателя, 7- носок картера

Кожух тяги 4 изготовлен из тонкостенной дюралюминиевой трубы. Один конец его развалиован под углом  $60^\circ$  и при помощи стальной накидной гайки 3 крепится к штуцеру 2, ввернутому в клапанную коробку цилиндра. Второй конец кожуха цилиндрический и крепится к направляющей толкателя 6 с помощью дюритового шланга 5. Внутрь шланга запрессована стальная втулка, защищающая его от действия масла. С одного конца втулка имеет развалицовку, с другого — косой срез, которым плотно прилегает к верхнему торцу направляющей. Во время запрессовки в шланг втулка ориентируется относительно него так, чтобы удлиненный конец ее среза находился против коричневой отличительной полоски на наружной поверхности шланга. При установке шланга на направляющую нужно следить, чтобы эта полоска была направлена к винту.

Наличие эластичного крепления кожуха позволяет ему свободно перемещаться вместе с головкой цилиндра, когда последний удлиняется от нагрева.

## 2.6. РЫЧАГИ КЛАПАНОВ

Рычаги клапанов служат для передачи движения от тяг к клапанам при их открытии и от клапанов к тягам — при закрытии клапанов. Рычаги клапанов впуска и выпуска устроены принципиально одинаково.

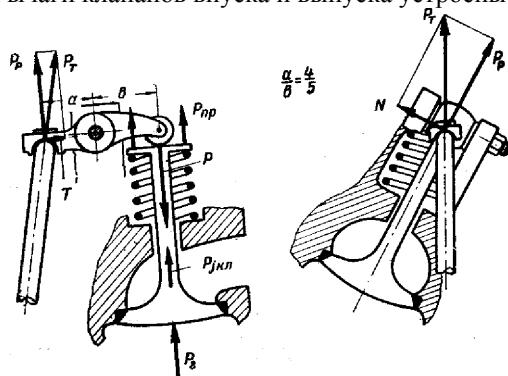


Рис. 7-14. К определению боковой силы, действующей на рычаг клапана.

Наибольшие нагрузки рычаги испытывают в момент открытия клапанов. Чтобы открыть клапан, рычаг должен нажать своим роликом на его шток с силой  $P$  (рис. 7-14), достаточной для преодоления сил упругости клапанных пружин  $P_{np}$ , сил инерции клапана  $P_{j_{кл}}$  и сил давления газов в цилиндре на головку клапана  $P_g$ .

Сила упругости комплекта клапанных пружин при закрытом клапане составляет 45—55 кгс.

Сила инерции клапана в момент его открытия стремится удержать клапан в закрытом положении. Она зависит от массы клапана и ускорения его в момент открытия. При ускорении  $1000 \text{ м/сек}^2$  и весе клапана выпуска 670 г, а клапана впуска 430 г величина сил инерции клапанов в момент их открытия составит соответственно около 65 и 45 кгс.

Сила давления газов, препятствующая открытию клапана, зависит от режима работы двигателя и также

различна по величине для клапанов впуска и выпуска. Клапан впуска открывается в точке  $r'$  индикаторной диаграммы, когда давление в цилиндре  $p_{r'}$   $\approx 1,1 p_0$ , а клапан выпуска — в точке  $e'$  при давлении в цилиндре  $p_{e'} \approx 6 - 10 \text{ кгс} / \text{см}^2$  (рис. 7-15). Эти давления препятствуют открытию клапанов. На клапан впуска со стороны впускной трубы действует давление наддува  $p_k$ , а на клапан выпуска со стороны выхлопного патрубка — давление, примерно равное атмосферному  $p_0$ , которые способствуют открытию клапанов.

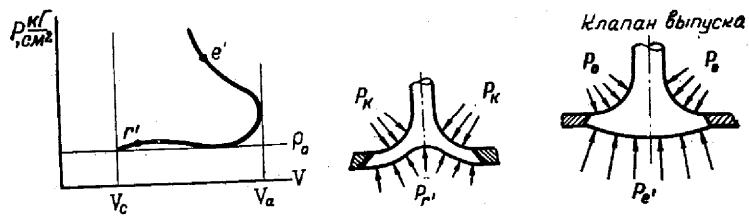


Рис. 7-15. К определению сил давления газов на клапан впуска и выпуска в момент их открытия

Наибольшая сила давления газов, препятствующая открытию клапана выпуска, возникает на взлетном режиме, когда  $p_{e'} \approx 10 \text{ кгс} / \text{см}^2$ . При этом

$$p_e = \frac{\pi \cdot d_{kl}^2}{4} (p_{e'} - p_0) = \frac{\pi \cdot 7,8^2}{4} (10 - 1) = 440 \text{ кгс}$$

где  $d_{kl}$  — диаметр клапана.

Наибольшая сила давления газов, препятствующая открытию клапана впуска, возникает при работе на режиме малого газа, когда  $p_{r'} \approx 1,1 \text{ кгс}$ ; а  $p_k \approx 400 \text{ мм.рт.ст.} \approx 0,54 \text{ кгс} / \text{см}^2$ :

$$p_e = \frac{\pi \cdot d_{kl}^2}{4} (p_{r'} - p_k) = \frac{\pi \cdot 7,8^2}{4} (1,1 - 0,54) = 25 \text{ кгс}$$

Таким образом, наибольшая сила  $P$ , необходимая для открытия клапанов (без учета трения их штоков о направляющие), составляет:

$$P = P_{np} + P_{j_{kl}} + P_e \approx 50 + 65 + 440 = 555 \text{ кгс} \text{ (для клапана выпуска);}$$

$$P \approx 50 + 45 + 25 = 130 \text{ кгс} \text{ (для клапана впуска).}$$

Из рис. 7-14 видно, что для получения на ролике рычага силы  $P$  тяга должен действовать на регулировочный болт с такой силой  $P_T$ , при которой ее составляющая  $P_p$ , действующая перпендикулярно оси переднего плеча в плоскости качания рычага, была бы равна

$$P_p = P \cdot \frac{b}{a} = 1,25P$$

Величина этой силы равна приблизительно 700 кгс для рычага клапана выпуска и 140 кгс — клапана впуска.

Так как тяга расположена не перпендикулярно оси переднего плеча и не в плоскости качания рычага, а наклонена к нему в двух плоскостях (см. рис. 7-14), то осевое усилие тяги  $P_T$ , необходимое для открытия клапана будет несколько больше силы  $P_p$  и составит около 800 кгс для клапана выпуска и около 150 кгс для клапана впуска.

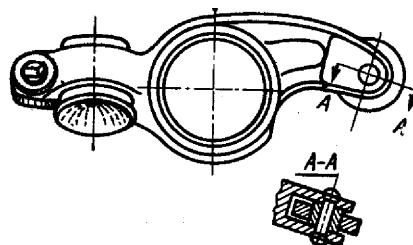


Рис. 7-16. Конструкция рычага клапана.

В результате наклона тяги к оси клапана при действии ее на рычаг возникает боковая сила  $N$ , прижимающая его к внутренней стенке клапанной коробки, и продольная сила  $T$ , сдвигающая рычаг к клапану.

Сила  $N$  вызывает износ стенки клапанной коробки, сила  $T$  — дополнительный изгиб осевого болта. Величина силы  $N$  для рычага клапана выпуска составляет около 320 кгс, а для рычага клапана впуска — около 60 кгс.

Из приведенного приближенного расчета видно, что рычаги клапанов выпуска работают в значительно более тяжелых условиях, чем рычаги клапанов впуска.

Поэтому для обеспечения необходимой прочности и надежности они делаются более массивными.

Рычаги клапанов (рис. 7-16) изготовлены из высококачественной стали. Рычаг двуплечий, в средней части имеет ступицу с отверстием для подшипника. На вильчатом конце заднего плеча рычага установлен стальной закаленный ролик, которым рычаг опирается на торец штока клапана. Ролик вращается на стальной закаленной втулке, установленной на стальной оси. На переднем плече рычага установлен регулировочный винт с шаровым гнездом, в которое входит шаровой наконечник тяги. Винт контрится зажимным винтом, который в свою очередь законтрен неразрезной пружинной шайбой. Регулировочный винт имеет глухое осевое отверстие, с которым соединены три радиальных канала для подвода масла из тяги к подшипнику рычага (рис. 7-17). Для этой же цели переднее плечо рычага имеет сквозной канал, соединенный с подковообразным пазом на поверхности отверстия под регулировочный винт. Радиальные каналы расположены под углом 120° один к другому, и при любом положении винта один из них совпадает с пазом, обеспечивая пропуск масла к подшипнику.

На верхнем торце винта по направлению осей каналов нанесены две риски. Третья совпадает с пазом винта под отвертку. Риски служат для того, чтобы во время регулирования зазоров между роликами рычагов и штоками клапанов верхних цилиндров случайно не поставить регулировочный винт в положение, при котором одно из его отверстий совпадает с прорезью рычага. В этом случае масло к подшипнику не поступит, а будет свободно вытекать в клапанную коробку и кожух тяги в картер.

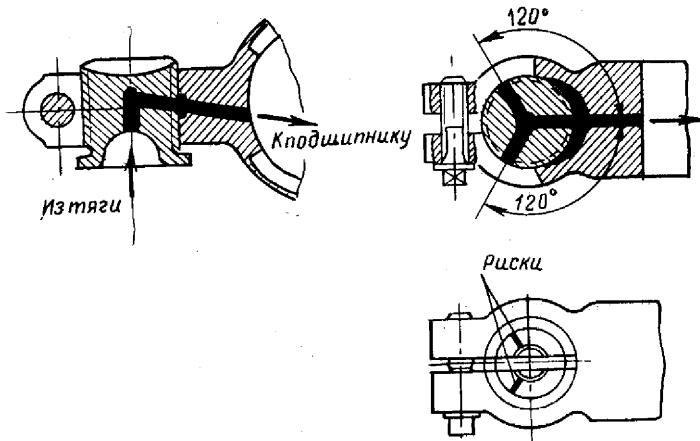


Рис. 7-17. Каналы для прохода масла в рычаге клапана и положение регулировочного винта

Все одноименные рычаги клапанов взаимозаменяемы. Рычаги клапанов выпуска и впуска устанавливаются на двухрядных игольчатых подшипниках\*. Иглы представляют собой цилиндрические ролики малого диаметра. Все вместе они образуют как бы плавающую втулку, установленную между обоймами и работающую в основном скольжением, которое, однако, сопровождается качением отдельных игл при повышенной нагрузке или под действием толчков.

Таким образом, игольчатый подшипник является смешанным — промежуточным между подшипниками скольжения и качения. В нем сочетаются положительные особенности первого — большая опорная поверхность и малые удельные давления — и второго — наличие трения качения.

Подшипник (рис. 7-18) имеет две обоймы — наружную и внутреннюю. Наружная обойма 2 запрессована в ступицу рычага 7, имеет кольцевую канавку на наружной поверхности и радиальные отверстия для прохода масла к иглам. Внутренняя обойма 6 представляет собой цилиндрическую втулку с отверстием диаметром 13 мм под осевой болт рычага.

Иглы 4 установлены между обоймами с радиальным и окружным зазорами. Между рядами игл свободно установлено стальное ограничительное кольцо 5. От выпадания иглы удерживаются двумя шайбами 3, которые устанавливаются на осевой болт с каждой стороны подшипника при установке рычага в клапанной коробке цилиндра. Через эти же шайбы клапанные коробки цилиндров воспринимают действующие на рычаги клапанов боковые усилия.

\*На двигателях до 14-й серии рычаги клапанов впуска устанавливались на двухрядном подшипнике с конусными роликами

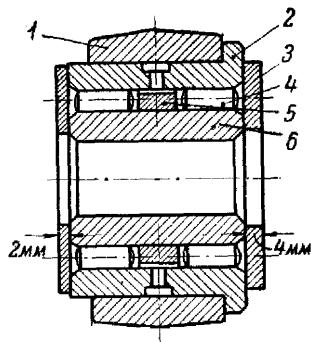


Рис. 7-18. Подшипник рычага клапана выпуска.

1- рычаг; 2- наружная обойма подшипника; 3- шайба; 4- иглы; 5-ограничительное кольцо; 6- внутренняя обойма подшипника

На двигателях до 15-й серии шайбы имели толщину 2 мм, и только у рычагов клапанов выпуска со стороны оси цилиндра устанавливались шайбы толщиной 4 мм (см. рис. 7-18). В связи с имевшими место поломками тонких шайб все они на двигателях 15-й серии имеют толщину 4 мм. Осевые болты рычагов клапанов стальные, закалены током высокой частоты. Устанавливаются они головками в сторону оси цилиндра. Для предупреждения течи масла по зазорам между болтами и стенками клапанных коробок. Последние с наружной стороны имеют расточки, концентрические отверстиям под болты. В расточки устанавливается по одному алюминиевому маслоуплотнительному кольцу.

Под головку осевого болта и под его гайку устанавливается по одной стальной шайбе. У шайбы, устанавливаемой под головку болта, имеется фаска, которая должна быть обращена в сторону головки. Диаметр всех болтов равен 13 мм \*.

**Смазка подшипников рычагов клапанов** (рис. 7-19). Подшипники рычагов клапанов впуска и выпуска цилиндров № 1,2, 9, клапанов впуска цилиндра № 8 и выпуска цилиндра № 3 смазываются маслом под давлением. Из зигзагообразного канала носка картера (см. пособие по теме 9) масло подходит к задним отверстиям в стенках направляющих толкателей этих клапанов. При перемещении толкателей и направляющих их отверстия на некоторое время совмещаются. В эти моменты масло поступает внутрь толкателей и по осевым каналам их шаровых гнезд и через тяги, осевые и радиальные отверстия регулировочных винтов поступает в каналы рычагов клапанов. Затем масло входит в кольцевые канавки на наружных обоймах подшипников и через их радиальные отверстия выходит в полости между обоймами подшипников. Смазав и охладив подшипники, масло вытекает в клапанные коробки, откуда и по кожухам тяг и наклонным отверстиям направляющих толкателей стекает в картер.

Подшипники рычагов всех других (нижних) клапанов смазываются маслом, поступающим в клапанные коробки самотеком из носка картера через зазоры между толкателями и их направляющими и через кожухи тяг.

## 2.7. КЛАПАНЫ, ИХ СЕДЛА, НАПРАВЛЯЮЩИЕ И ПРУЖИНЫ

Клапаны обеспечивают впуск смеси в цилиндры и выпуск газов из них в тактах впуска и выпуска и герметизируют цилиндры в тактах сжатия и расширения. В закрытом положении клапан опирается на седло. Для создания герметичной посадки опорные поверхности клапана и седла делаются конусными и притираются друг к другу. Благодаря конусу клапан при посадке на седло хорошо самоцентрируется. Движение клапана направляется направляющей втулкой.

Клапаны, особенно выпускные, работают в крайне тяжелых условиях. Это обусловлено их высокими рабочими температурами, значительными ударными нагрузками, возникающими при посадке клапанов на седла, механическим и химическим действием струи раскаленных продуктов сгорания.

Поверхности головок клапанов, выступающие в камеру сгорания, периодически подогреваются в тактах расширения и выпуска от соприкосновения с продуктами сгорания, температура которых доходит до 2000—2500° С. При этом в такте выпуска вся поверхность головки и часть штока клапана выпуска омывается продуктами сгорания, и он нагревается значительно больше, чем клапан впуска.

Отвод тепла от головок клапанов возможен только через соприкасающиеся поверхности фасок седла и головки клапана, а также через его шток в направляющую. Отвести тепло от клапана впуска легче, так как в такте впуска он омывается свежей смесью, имеющей сравнительно низкую температуру.

В результате интенсивного нагрева и недостаточного отвода тепла рабочая температура головки клапана выпуска достигает 750—850°С, а клапана впуска— 350—450°С. Другими словами, головка клапана выпуска работает, находясь в состоянии красного каления. Работая в условиях столь высоких температур, клапан садится на седло с ударом значительной силы. Число ударов велико и, например, при оборотах

коленчатого вала I 800 в минуту составляет 54 000 ударов в час. Клапан непрерывно «куется», и если он не имеет необходимой прочности, то фаска его сминается, а шток вытягивается.

В продуктах сгорания этилированного бензина имеется окись свинца. При высоких температурах она активно химически действует на металл клапанов, особенно клапана выпуска, вызывая их коррозию и уменьшение прочности.

Вместе с продуктами сгорания из цилиндра выносятся наружу твердые частицы нагара и атмосферной пыли, попадающей туда с воздухом. Они оседают на фасках клапана и седла, могут нарушить герметичность посадки клапана и привести к местному прорыву газов. Последний неизбежно сопровождается местным перегревом головки клапана.

При недостаточной жаростойкости металла клапана это может привести к обгоранию его головки.

Местный прорыв газов может возникнуть также вследствие коробления седла и головки клапана из-за неравномерного охлаждения головки цилиндра.

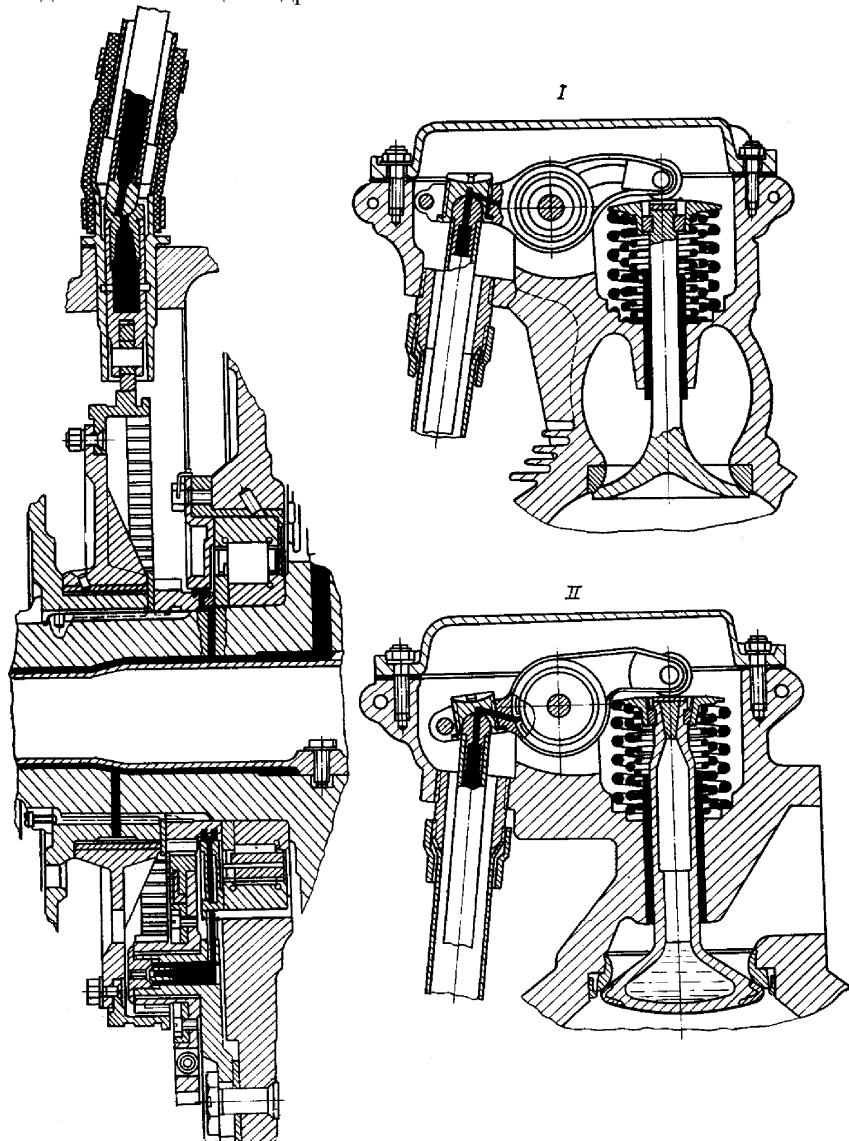


Рис. 7-19. Механизм газораспределения:  
I—узел клапана впуска; II—узел клапана выпуска

---

\*На двигателях до 14-й серии болты рычагов клапанов впуска имели диаметр 12 мм

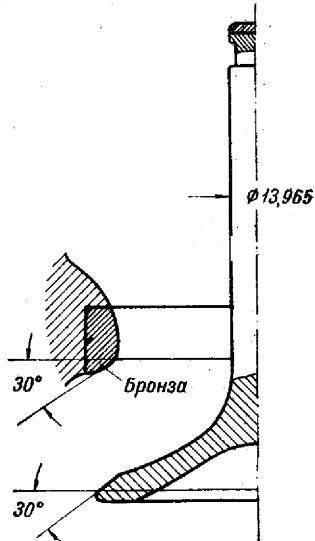


Рис. 7-20. Клапан впуска.

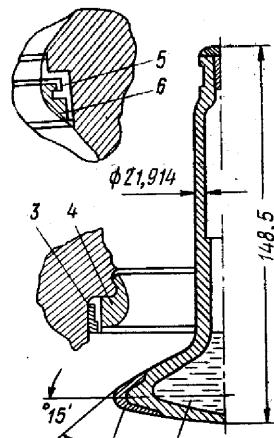


Рис. 7-21. Клапан выпуска

1- сплав ВХН-1 или никром ЭИ-334; 2- натрий; 3- предохранительное кольцо; 4- подвесное стальное седло; 5- замок; 6- плавающее седло (на двигателях 15 серии)

Для обеспечения надежной работы клапанов в столь тяжелых условиях они изготавливаются из высококачественных жаропрочных и жаростойких хромоникелевых сталей с примесью вольфрама, кремния, молибдена и марганца. Эти стали обладают хорошими механическими свойствами, сохраняют их при высоких температурах и хорошо устойчивы против газовой коррозии.

Однако даже самые лучшие жаропрочные стали не в состоянии обеспечить надежную работу клапана выпуска, если для этого не будут приняты дополнительные меры (см. ниже).

**Клапан впуска** (рис. 7-20) изготавливается из поковки жароупорной стали ЭИ72. Клапан состоит из головки, шейки и штока. Головка клапана имеет форму тюльпана. При такой форме очертания головки со стороны выпускной трубы получаются плавными, что уменьшает гидравлические сопротивления поступлению смеси и улучшает наполнение цилиндра.

Шток клапана — цилиндрический, сплошного сечения. В верхней части он имеет выточку под замок крепления тарелки клапанных пружин. На торец штока наваривается твердый сплав (никром или стеллит), обладающий высокой износостойчивостью.

Седло клапана впуска бронзовое. Угол наклона фаски седла и клапана  $30^\circ$ .

**Клапан выпуска**, (рис. 7-21) изготовлен из жароупорной стали ЭИ69. Клапан имеет грибовидную форму головки с выпуклой поверхностью днища. При такой форме головка хорошо обтекается продуктами сгорания, выходящими из цилиндра. Угол опорной части фаски головки  $45^\circ$ ; кромка фаски закруглена. Выпуклость головки и большой угол фаски придают головке жесткость, что уменьшает возможность ее коробления из-за неравномерного нагрева. При этом клапан хорошо самоцентрируется на седле. Шток клапана азотирован для повышения износостойчивости. Азотирование введено на двигателях 14-й серии. Клапаны с азотированными штоками имеют кислотное клеймо «Д».

Клапан выпуска является самой нагруженной в тепловом отношении деталью двигателя. Чтобы повысить надежность его работы, на двигателе АШ-62ИР предусмотрено:

- охлаждение клапана при помощи металлического натрия;
- повышение жаростойкости и жаропрочности фаски путем наварки на нее твердого сплава;
- устройство фаски клапана с дифференциальным углом;
- посадка клапана на подвесное или плавающее седло.

**Охлаждение клапана при помощи металлического натрия** имеет целью понизить температуру его головки за счет более интенсивного отвода тепла от нее в головку цилиндра через шток и направляющую клапана. Для этого головка и шток клапана делаются полыми. Две трети объема той полости заполняется металлическим натрием, после чего полость наглухо закрывается стальной пробкой. Над пробкой на торец клапана наваривается твердый сплав (нихром или стеллит).

Металлический натрий имеет малый удельный вес ( $0,97 \text{ г}/\text{см}^3$ ) и обладает сравнительно большой теплоемкостью ( $0,27 \text{ ккал}/\text{кг}\cdot\text{град}$ ). Температура плавления натрия равна  $97,6^\circ\text{C}$ ; температура кипения —  $880^\circ\text{C}$ . Натрий обладает высокой теплотой испарения ( $1100 \text{ ккал}/\text{кг}$ ), т. е. при испарении отбирает, а при конденсации отдает много тепла.

Перечисленные физические свойства металлического натрия благоприятны для использования его в качестве носителя тепла.

Процесс охлаждения клапана с помощью натрия заключается в том, что при нагреве клапана он плавится и частично испаряется, отбирая от головки большое количество тепла. Взбалтываясь при движении клапана, расплавленный натрий омыает более холодные стенки штока и отдает ему тепло. От штока тепло передается в направляющую клапана и через головку цилиндра — в омывающий ее воздух.

Применение металлического натрия для охлаждения клапанов выпуска снижает температуру их головок в среднем на  $150—200^\circ\text{C}$ .

Наварка на фаску клапана твердых сплавов ВХН-1 или никром ЭИ334 делается для того, чтобы повысить стойкость фаски против газовой коррозии и уменьшить ее смятие от ударов при посадке клапана на седло. Кроме фаски, твердый сплав наваривается и на часть донышка, что значительно повышает прочность и противокоррозийную устойчивость всей кромки головки клапана и уменьшает возможность ее обгорания.

**Устройство фаски клапана с дифференциальным углом наклона** заключается в следующем (рис. 7-22). Нижняя поверхность фаски по ширине до  $1,5 \text{ мм}$  имеет угол наклона  $45^\circ$ , который точно соответствует углу наклона фаски седла. Верхняя часть фаски клапана наклонена на угол  $43^\circ—43^\circ15'$  при посадке клапана на седло с ним не соприкасается. Такое устройство позволяет ускорить приработку фаски клапана, имеющей очень твердую поверхность, к седлу и обеспечивает лучшую герметичность посадки клапана. Кроме того, наличие дифференциального угла фаски исключает возможность образования щели между клапаном и седлом со стороны камеры сгорания в результате вытяжки головки клапана под действием нагрузок. Появление такой щели обычно приводит к ухудшению теплоотдачи от фаски клапана в седло, к перегреву ее и обгоранию.

По мере отработки ресурса двигателя поверхность прилегания фаски клапана к седлу непрерывно увеличивается за счет износа седла и главным образом за счет вытяжки головки клапана. К исходу межремонтного ресурса двигателя клапан обычно прилегает к седлу всей поверхностью фаски. В дальнейшем нижняя кромка фаски клапана начинает отставать от седла, и между ними образуется щель (см. рис. 7-22, прав.). При этом фаска подвергается более интенсивному действию горючих газов и сравнительно быстро разрушается.

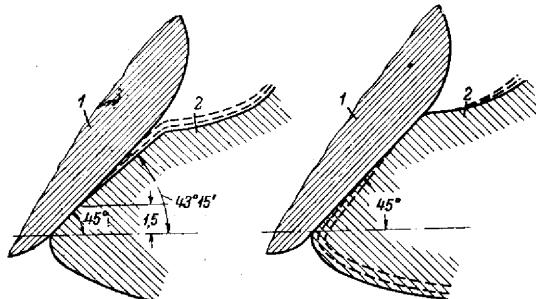


Рис. 7-22. Деформация клапана с дифференциальной фаской (слева) и без нее (справа): 1 — седло; 2 — клапан

**Посадка клапана на подвесное или плавающее седло.** При жесткой посадке седла в головке оно неизбежно деформируется вследствие температурных деформаций головки цилиндра, обусловленных неравномерным ее нагревом. В результате окружность седла искривляется, и его соосность с клапаном нарушается. Между фасками клапана и седла в отдельных местах появляются просветы, через которые происходит прорыв газов, вызывающий местный перегрев и обгорание фаски клапана.

Подвесное седло закреплено в головке цилиндра посредством развальцовки его шейки (см. рис. 7-21). Рабочая часть седла лишь легко касается головки, и то только верхним торцом. Во время работы она

перемещается в зависимости от того, как его направляет головка клапана. Это обеспечивает сохранение соосности седла и клапана и хорошую герметичность, как в случае коробления седла, так и в случае коробления головки клапана.

При ослаблении развалцовки седло опускается на стальное предохранительное кольцо, запрессованное в головку цилиндра, которое удерживает его от выпадания. Одновременно кольцо уменьшает отложение нагара в радиальном зазоре между седлом и стенкой головки. Подвесное седло устанавливают на двигателях, начиная с 11-й серии. На двигателях 15-й серии оно заменено плавающим седлом.

Плавающее седло (см. рис. 7-21) принципиально работает как и подвесное и не имеет перед ним четко выраженных преимуществ. Удерживается оно кольцевым буртиком стального разрезного кольца, запрессованного в головку цилиндра. Относительно кольца седло может перемещаться на некоторую величину в радиальном и осевом направлениях.

## 2.8. Направляющие клапанов (рис. 7-23).

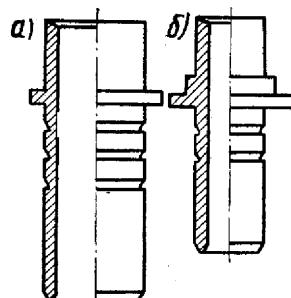


Рис. 7-23. Направляющие клапанов:  
а- направляющая клапана выпуска; б- направляющая клапана впуска

Направляющие клапанов впуска изготавливаются из оловянно-никелевой бронзы БрОСН, а клапанов выпуска—из более жаростойкой алюминиевой бронзы БрАЖМц. В бобышки головки цилиндра направляющие запрессованы с натягом.

На наружной поверхности направляющих сделаны неглубокие кольцевые канавки. При запрессовке направляющих в эти канавки под действием сил упругости вдавливается металл головки цилиндров, что улучшает связь между втулкой и головкой.

После запрессовки внутреннее отверстие направляющей развертывается. За базу для развертки принимается седло.

Зазор между штоком клапана и направляющей должен быть в пределах:

0,047—0,97 мм для клапанов впуска;

0,086—0,15 мм для клапанов выпуска.

Он измеряется в трех поясах во взаимно перпендикулярных направлениях. Зазоры меньше допустимых могут вызвать заедание клапана в направляющей. При очень больших зазорах возможны попадание масла из клапанных коробок в цилиндры и тряска двигателя из-за замасливания свечей.

**Пружины клапанов** обеспечивают своевременное закрытие клапанов и исключают возможность их самопроизвольного открытия.

В момент открытия клапана возникают силы инерции, которые сначала тормозят его открытие, а затем стремятся переместить клапан в положение полного открытия, и удержать его в этом положении (рис. 7-24).

Рычаг клапана, тяга и толкатель под действием собственных сил инерции также стремятся занять и сохранить положение, соответствующее полностью открытому клапану. Если их своевременно не вывести из этого положения, то ролик толкателя оторвется от кулачковой шайбы, ее кулачок «проскользнет» относительно толкателя и клапан опустится на седло позже, чем это необходимо. Величина фаз газораспределения изменится. Для устранения такой возможности сила упругости клапанных пружин должна значительно превышать величину сил инерции, которые действуют на клапан при любом его положении.

При закрытом клапане усилие пружин также должно иметь достаточную величину, чтобы клапан не открыл преждевременно из-за разности давлений, действующих на его головку со стороны впускной трубы или выпускного патрубка и со стороны цилиндра. Опасными в этом отношении режимами работы двигателя являются: для клапана впуска — взлетный для клапана выпуска — режим малого газа.

Во время работы двигателя на взлетном режиме разность между давлением наддува, действующим на клапан впуска со стороны впускной трубы, и наименьшим давлением газов в цилиндре в такте выпуска доходит до  $0,4 \text{ кгс}/\text{см}^2$ . В результате этого создается сила величиной около 20 кгс, стремящаяся открыть клапан впуска.

При работе двигателя на режиме малого газа ( $P_{k}=300—400$  мм. рт. ст.) разность между давлением в выхлопном патрубке и наименьшим давлением в цилиндре в такте впуска достигает  $0,6$  кгс/см<sup>2</sup>. В результате возникает сила величиной около  $3,0$  кгс, стремящаяся открыть клапан выпуска.

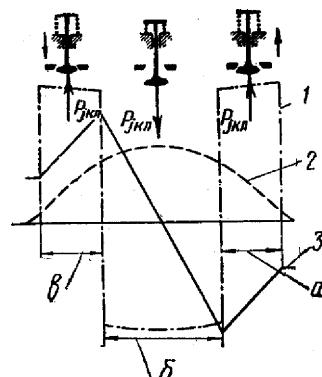


Рис. 7-24. Характер действия сил инерции клапана: 1—ускорение клапана; 2—перемещение клапана; 3—скорость клапана; а—участок, на котором силы инерции  $P_{jkl}$  способствуют закрытию клапана; б—участок, на котором силы инерции  $P_{jkl}$  стремятся открыть клапан и удержать его в этом положении; в—участок, на котором силы инерции  $P_{jkl}$  тормозят открытие клапана

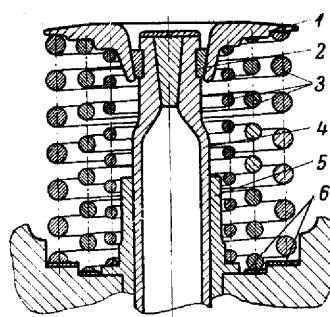


Рис. 7-25. Пружины, тарелка, замок клапана:  
1—тарелка клапана; 2—замок; 3—пружины; 4—клапаны; 5—направляющая; 6—шайба

Понятно, что сила упругости пружин при закрытых клапанах должна значительно превышать величину указанных выше сил, стремящихся открыть их не вовремя.

Каждый клапан двигателя АШ-62ИР снабжен тремя цилиндрическими пружинами 3, изготовленными из высококачественной стальной проволоки круглого сечения (рис. 7-25). На двигателях 15-й серии внутренняя и наружная пружины имеют правостороннюю, а средняя — левостороннюю резьбу. Это исключает возможность поломки всех пружин в случае поломки одной из них и попадания ее витков между витками соседней пружины. На двигателях более ранних серий все три пружины имели правостороннюю навивку, как показано на рис. 7-25.

Верхними торцами пружины опираются на тарелку 1, укрепленную на штоке клапана, а нижними торцами внешняя и средняя — на стальные шайбы 6, установленные в обработанные под них гнезда в клапанных коробках; внутренняя — на буртик направляющей клапана.

Пружины для клапанов впуска и выпуска имеют одинаковые размеры и значения упругости. Сила упругости пакета пружин при закрытом клапане составляет  $45—50$  кгс.

**Тарелка клапана** (см. рис. 7-25) — стальная, имеет конусное отверстие, в которое входит замок крепления ее на штоке клапана и три кольцевых уступа для центрирования пружин. Все тарелки взаимозаменяемы.

**Замки тарелок клапанов** (сухарики) изготовлены из стали в виде половинок усеченного конуса с осевым цилиндрическим отверстием, разрезанного вдоль оси на две части (см. рис. 7-25). Сухарики устанавливаются в выточку штока клапана так, чтобы зазор в их стыках с обеих сторон был примерно одинаков.

Сухарики клапанов впуска и выпуска невзаимозаменяемы. При одинаковых наружных диаметрах сухарики клапанов впуска имеют более толстые стенки.

### 3. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ МЕХАНИЗМА ГАЗОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ

Периодическое техническое обслуживание механизма газораспределения производится в соответствии с Технологическим регламентом и заключается в проверке:

- а) состояния деталей и соединений, доступных для внешнего осмотра (при каждом послеполетном

обслуживании);

- б) герметичности клапанов по величине компрессии в цилиндрах двигателя и на слух (через каждые 100 ч работы);
  - в) зазоров между роликами рычагов и штоками клапанов и регулировании их (через 100 ч работы двигателя после установки его на самолет и затем через каждые 200 ч работы);
    - г) наличия смолистых отложений на головках клапанов впуска и в удалении их.

Порядок проверки компрессии дан в пособии по теме 3. Величина ее должна быть не менее  $3 \text{ кгс}/\text{см}^2$ . Падение компрессии ниже  $3 \text{ кгс}/\text{см}^2$  указывает на наличие значительного обгорания клапана и на необходимость снятия цилиндра.

Следует учитывать, что незначительное обгорание клапана не вызывает заметного падения компрессии. Поэтому необходимо параллельно с проверкой компрессии проверять герметичность клапанов на слух: нет ли «шипения» в выпускной трубе при проворачивании винта.

В случае самого незначительного пропуска воздуха клапанами цилиндр подлежит снятию.

Прежде чем снимать цилиндр для устранения неисправности, необходимо убедиться, что воздух проходит не в результате попадания между седлом и клапаном кусочка нагара, как это иногда случается. Для этого нужно снять крышку клапанной коробки и свинцовыми или медным молотком несколько раз ударить по заднему плечу рычага клапана так, чтобы он с силой

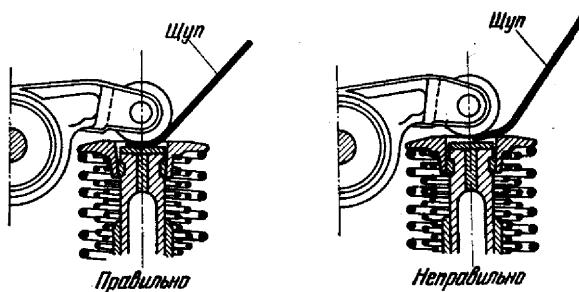


Рис. 7-26. Пример зазора между роликом рычага и штоком клапана.

садился на седло. Если крупинка нагара мешала плотному прилеганию клапана к седлу, то она будет раздроблена и удалена. После этого нужно снова два-три раза проверить герметичность данного клапана. И только после того, как неисправность вновь подтвердится, можно снимать цилиндр для замены клапана.

**Проверка зазоров между роликами рычагов и штоками клапанов** производится на двигателе, остывшем до температуры наружного воздуха. Величина зазоров при этом должна быть 0,5 мм для всех цилиндров.

Перед проверкой зазоров необходимо на всех цилиндрах снять крышки клапанных коробок и для облегчения проворачивания коленчатого вала вывернуть все передние свечи. Начинать проверку и регулирование зазоров лучше с цилиндра № 1 и производить ее во всех цилиндрах по порядку их работы:

1—3—5—7—9—2—2—6—8 на обоих клапанах одновременно. Для этого необходимо:

а) проворачивая коленчатый вал по ходу, проследить, чтобы клапаны цилиндра № 1 полностью сели на седла\* (движение рычага и тарелки клапана прекратилось, ролики рычагов при нажатии на них со стороны регулировочного винта свободно вращаются от руки);

б) нажимая на переднее плечо рычага, сжать пружину толкателя и в зазор, образовавшийся между роликом рычага и штоком клапана, ввести щуп толщиной 0,5 мм. Щуп вводить так, чтобы он не касался тарелки клапана (рис. 7-26).

Если щуп не входит в зазор или, наоборот, входит свободно, отрегулировать величину зазора. Для этого надо ослабить зажимной винт регулировочного винта рычага клапана и, поворачивая регулировочный винт отверткой в требуемую сторону, установить зазор 0,5 мм. Для уменьшения зазора винт поворачивают по ходу часовой стрелки, а для увеличения — против хода часовой стрелки. Перед затяжкой зажимного винта необходимо проверить положение регулировочного винта по рискам на его торце и по величине выхода его из рычага. Риски не должны совпадать с прорезью рычага, а величина выхода винта из рычага должна быть в пределах 0-5 мм. Причиной утопания регулировочного винта является износ деталей механизма газораспределения; причиной чрезмерного выхода — удлинение клапана или просадка его в седле.

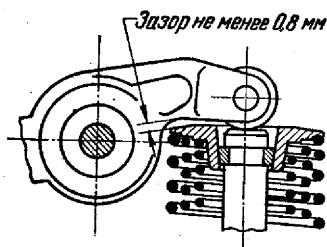


Рис. 7-27. Промер зазора между тарелкой и рычагом клапана

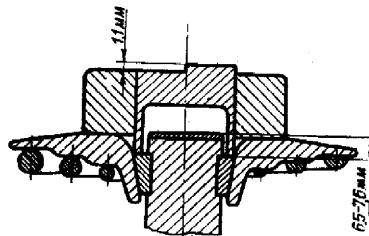


Рис. 7-28. Замер величины утопания замка клапана.

Если одна из рисок регулировочного винта совпадает с прорезью рычага, необходимо повернуть винт так, чтобы риска сместилась. При этом величина зазора должна быть сохранена в допускаемых пределах (0,4—0,6 мм). В случаях, когда этого добиться невозможно, а также когда регулировочный винт выходит из рычага больше чем на 5 мм или утопает в нем, необходимо заменить тягу.

Одновременно с проверкой и регулированием зазоров необходимо тщательно осмотреть пружины клапанов, проверить зазоры между тарелками и рычагами клапанов и правильность положения замков. Когда клапан закрыт, зазор между тарелкой и рычагом должен быть не менее 0,8 мм (рис. 7-27). Если зазор меньше 0,8 мм, то рычаг при открытии клапана будет нажимать на тарелку, что приведет к ослаблению посадки замка, выпаданию сухариков и к проваливанию клапана в цилиндр. Требуемая величина зазора устанавливается подбором новых тарелок, замка или рычага.

Если заменой не удается установить зазор больше 0,8 мм, то это указывает на значительную просадку клапана в седле или удлинение его штока. В этом случае необходимо заменить цилиндр.

Правильность положения замка клапана определяется глубиной его утопания, которая должна быть равна 6,5—7,6 мм. Глубина утопания измеряется специальным глубиномером (рис. 7-28).

После регулирования зазоров необходимо поставить новые прокладки под крышки клапанных коробок и затянуть гайки крепления крышек (см. пособие по теме 3).

**Замена деталей механизма газораспределения** производится в соответствии с Технологией технического обслуживания:

1) во всех случаях снятия или замены рычага необходимо:

- установить новые алюминиевые маслоуплотнительные кольца осевого болта;
- осевой болт установить головкой в сторону развала клапанных коробок;
- шайбу под головку болта установить фаской к головке болта;
- под крышку клапанной коробки установить новую прокладку, а шайбы Гровера под гайками ее крепления заменить;

-гайку осевого болта рычага не перетягивать, чтобы не заклинить рычаг деформированными стенками клапанной коробки;

-после постановки рычага проверить зазор между его роликом и штоком клапана и зазор между рычагами и тарелкой;

2) в процессе монтажа кожухов тяг необходимо:

-дюритовый шланг надеть на направляющую толкателя так, чтобы его коричневая отличительная полоска была обращена к винту;

-резьбу штуцера клапанной коробки для крепления кожуха тяги смазать смазкой ВИАМ-2;

3) для замены замков, тарелок или пружин клапанов без съемки цилиндра с двигателя следует использовать приспособления, изображенные на рис. 7-29;

\* При проверке и регулировании зазоров устанавливать поршень в положение ВМТ не обязательно.

Он может находиться в любом промежуточном положении такта сжатия или расширения, при котором оба клапана полностью закрыты.

4) если клапан заменяется, то новый клапан надо подбирать к направляющей обязательно по величине зазора между ними (см. выше).

После подбора клапана к направляющей его необходимо притереть к седлу.

**Притирка клапанов** производится в случаях:

- сборки нового цилиндра перед установкой на двигатель — новый клапан притирается к новому седлу;
- замены клапана — новый клапан притирается к уже работавшему седлу;
- негерметичности посадки клапана на седло—клапан притирается к седлу, по которому он уже работал;

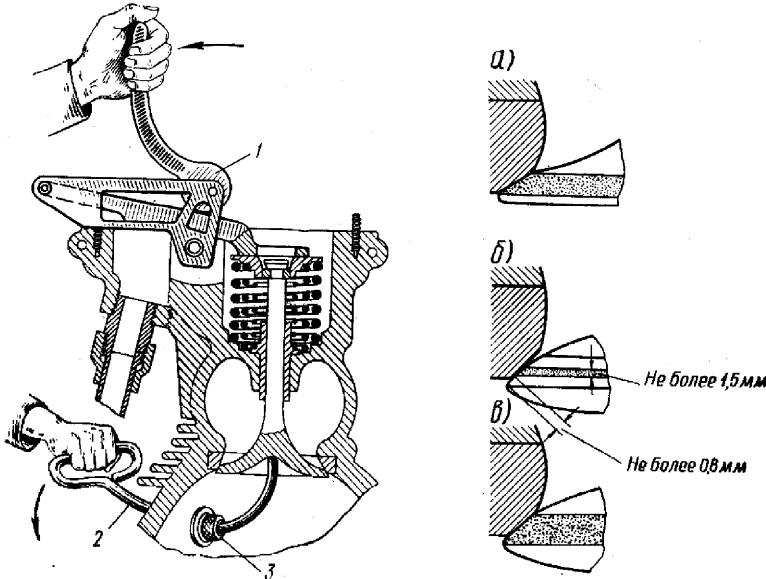


Рис. 7-29. Замена пружин, тарелки или замка клапана без снятия цилиндра с двигателя: 1—съемник; 2—поддержка; 3—дюритовый шланг

Рис. 7-30. Притирка клапанов выпуска

Клапаны притирают мелкозернистой притирочной пастой типа «Лаппинг» № 1 и 2 до ровного матового цвета по всей окружности притираемых поверхностей.

Клапаны впуска не имеют дифференциального угла фаски и притираются до прилегания фаски клапана к седлу по всей ее поверхности (рис. 7-30, а).

Новый клапан выпуска имеет дифференциальный угол фаски и к новому или уже работавшему седлу притирается так, чтобы ширина притертой поверхности не превышала 1,5 мм (рис. 7-30, б). Ширина притертой поверхности уже работавшего клапана выпуска к своему седлу может быть больше 1,5 мм (рис. 7-30, в).

После притирки клапана надо проверить, не утопает ли он в седле. Нижняя кромка фаски клапана должна выступать за край фаски седла на величину около 0,8 мм (рис. 7-30, б). После этого необходимо тщательно промыть клапан и цилиндр керосином, обратив особое внимание на удаление остатков пасты из выточек между головкой и гильзой.

Притертый клапан монтируют в цилиндре и испытывают на герметичность.

**Проверка герметичности клапанов** производится после притирки клапанов перед постановкой цилиндра, снятого для замены поршней, поршневых колец и т. д., перед постановкой нового собранного цилиндра.

Чтобы посадка клапана была более надежной, необходимо перед проверкой, нажимая на шток, отжать клапан от седла и обдувать через окно головки цилиндра фаску клапана и седла сжатым воздухом. После этого следует положить цилиндр фланцами патрубков вверх, протереть насухо испытываемый клапан со стороны камеры сгорания, налить в патрубок чистый керосин и в таком положении держать цилиндр в течение 5—10 мин. Внутри камеры сгорания не должно быть подтеков керосина.

При наличии подтеков требуется дополнительно притереть клапан.

#### 4. НЕИСПРАВНОСТИ ДЕТАЛЕЙ МЕХАНИЗМА ГАЗОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ, ИХ ПРИЧИНЫ, УСТРАНЕНИЕ И ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Основной неисправностью механизма газораспределения является **обгорание и обрыв грибка клапана выпуска**. Причина обгорания клапанов выпуска—местное нарушение плотности посадки клапана на седло вследствие:

-попадания на фаску седла или клапана частиц твердого нагара или частиц металла, отковавшихся от поршневых колец;

-значительного коробления седла и головки клапана при перегреве их в результате продолжительной работы двигателя на форсированных режимах;

-растрескивания слоя твердого сплава, наваренного на фаску клапана, местных разрушений его под действием газовой коррозии, выплавления в результате перегрева клапана.

Во всех этих случаях через образовавшиеся неплотности прорываются горячие газы под большим давлением. Они вызывают местный перегрев клапана, выплавление соседних участков и быстрое их расширение. Это еще больше увеличивает перегрев и коробление клапана, приводит к прорыву газов в новых местах. В результате клапан теряет механическую прочность и обрывается по шейке.

Причиной обгорания клапана выпуска может быть также использование бензинов с чрезмерно большим содержанием этиловой жидкости. В этом случае в продуктах сгорания содержится значительное количество окиси свинца. Соприкасаясь с раскаленным клапаном, окись свинца активно вступает в химическую реакцию с металлом, сопровождающуюся дополнительным выделением тепла и перегревом клапана. Это в свою очередь приводит к более быстрому обгоранию клапана и к более интенсивному выплавлению металла в местах обгорания. Кроме того, избыток этиловой жидкости в бензине увеличивает образование нагара на головке и шейке клапана. Это способствует их перегреву и увеличивает возможность попадания нагара на фаску седла и клапана. Различные виды обгорания клапанов выпуска показаны на рис. 7-31

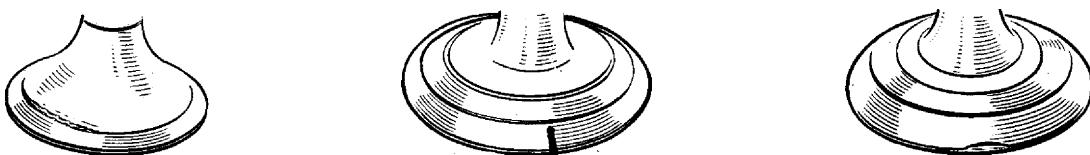


Рис. 7-31.  
Характер обгорания клапанов выпуска

Обгорание клапана выпуска определяется по тряске двигателя на всех режимах его работы и по характерному свисту в выпускном коллекторе на режиме малого газа. При техническом обслуживании обгорание клапана, определяется по величине компрессии в цилиндре и на слух—по «шипению» в выхлопном коллекторе при проворачивании коленчатого вала.

Для предохранения клапанов выпуска от обгорания нельзя допускать работу двигателя с перегревом головок цилиндров и на бензинах с избытком этиловой жидкости.

К неисправностям деталей механизма газораспределения, которые также встречаются в эксплуатации, относятся:

##### 1) Подтекание масла через уплотнение осевых болтов рычагов клапанов.

Причина — недостаточная затяжка гайки болта или разрушение маслouплотнительных колец. Для устранения течи необходимо подтянуть гайку болта. Если после этого подтекание масла не прекратилось\*, заменить маслouплотнительные кольца.

##### 2) Подтекание масла из-за накидных гаек крепления кожухов тяг к штуцерам головок цилиндров.

Неисправность устраняется подтяжкой гаек и смазыванием их резьбы смазкой ВИАМ-2 перед навертыванием.

3) Подтекание масла из-под фланцев направляющих толкателей вследствие ослабления затяжки гаек крепления или разрушения прокладок. Неисправность устраняется подтяжкой гаек или заменой прокладки.

4) Износ направляющих клапанов и наволакивание бронзы на штоках клапанов. Износ направляющих определяется по тряске двигателя вследствие замасливания электродов свечей в цилиндре с изношенными направляющими при работе на Рк ниже Рo. Масло попадает в цилиндр из клапанной коробки во время такта впуска, когда давление в коробке выше, чем в цилиндре.

Попадание масла в цилиндр и тряска двигателя из-за замасливания электродов свечей могут произойти в результате износа поршневых колец или нарушения уплотнения валика крыльчатки нагнетателя.



Рис. 7-32. Характер разрушения головки клапана впуска

При определении причины замасливания электродов свечей необходимо руководствоваться следующими признаками:

-при пропуске масла уплотнением валика крыльчатки нагнетателя оно вместе со смесью проходит через впускные трубы и замасливает их внутри по всей длине;

-при пропуске масла поршневыми кольцами и направляющими клапанов впуска и выпуска\*\*\_масло частично попадает во впускные трубы перед закрытием клапанов впуска и замасливает их внутри только на небольшом участке со стороны головок цилиндров. В этом случае причина пропуска масла определяется только после снятия цилиндра и проверки состояния деталей цилиндро-поршневой группы.

С целью уменьшения износа направляющих клапанов и устранения наволакивания бронзы на штоках клапанов рекомендуется при сборке цилиндров смазывать их смазкой, состоящей из смеси: паратон—25% и масло МК—75% или графит— 10% и масло МК—90%.

Кроме того, в полость пружин клапана выпуска цилиндров № 3, 4, 5, 6, 7 и 8 рекомендуется набивать смазку НК-50.

**5) Нарушение зазоров между роликами рычагов и штоками клапанов.** Неисправность вызывает тряску двигателя на всех режимах и падение его мощности.

Причины неисправности:

- слабая затяжка зажимного винта рычага клапана;

-износ контактных поверхностей деталей механизма газораспределения;

- просадка клапана в седле или удлинение клапана.

Неисправность устраняется посредством установки требуемых зазоров, замены тяги или рычага клапана.

Необходимо иметь в виду, что при чрезмерно большом зазоре резко увеличивается скорость посадки клапана (см. рис. 7-9) и сила удара его о седло. По этой причине на двигателях АШ-62ИР неоднократно разрушались головки клапанов впуска. Характер такого разрушения показан на рис. 7-32.

**6) Износ и разрушение подшипников рычагов клапанов верхних цилиндров.** Причина - прекращение подачи масла к подшипнику вследствие неправильного положения регулировочного винта рычага. Неисправность определяется по тем же признакам, что и в предыдущем случае; устраняется заменой неисправного рычага.

**7) Проваливание клапана в цилиндр в результате разрушения и выпадания замка.** Причины:

-установка некомплектных сухариков. При этом всю нагрузку воспринимает сухарик, имеющий большой диаметр. Под действием нагрузки он сминает шток клапана в выточке, сминается сам и затем выпадает. Оставшийся один сухарик не в состоянии длительное время удерживать тарелку на штоке клапана, разрушается и выпадает. Клапан проваливается в цилиндр;

-мал зазор между тарелкой и рычагом клапана. Рычаг нажимает на тарелку, освобождает один из сухариков, в результате чего второй воспринимает на себя всю нагрузку, сминается и выпадает.

Кроме этих неисправностей, имеют место случаи заедания клапанов в направляющих, заедания толкателей в направляющих, разрушения наконечников тяг и шаровых гнезд толкателей из-за нарушения технологии их производства, «выползания» направляющей клапана выпуска.

\*Определяется во время опробования двигателя.

\*\* Чрез направляющую клапана выпуска масло попадает в цилиндр за время открытия клапана в начале такта выпуска.

## ГЛАВА 8. НАГНЕТАТЕЛЬ ДВИГАТЕЛЯ АШ-62ИР.

### 1. НАЗНАЧЕНИЕ НАГНЕТАТЕЛЯ

Одним из требований, предъявляемых к поршневым авиадвигателям, является их высотность, т. е. способность поддерживать мощность с подъемом на высоту.

Высотность авиадвигателей достигается за счет наддува, т. е. питания их топливовоздушной смесью (ТВС), давление которой выше атмосферного. При этом возрастает вес топливовоздушной смеси, поступающей в цилиндры и, как следствие, возрастает мощность двигателей.

Для этого в конструкции двигателя предусматривается специальный агрегат — нагнетатель, способный поддерживать до определенной, так называемой расчетной высоты давление на входе в цилиндры, соответствующее номинальной мощности, развиваемой двигателем на уровне моря.

При работе на земле с полностью открытыми дроссельными заслонками карбюратора (см. пособие по главе 11) нагнетатель подает воздух под давлением в 1,5—2,0 раза больше атмосферного. Это позволяет получить высокую взлетную мощность двигателя и обеспечивает его хорошую приемистость.

Двигатель АШ-62ИР имеет невыключающийся приводной центробежный нагнетатель, расположенный между карбюратором и цилиндрами двигателя.

Схема работы двигателя с таким нагнетателем дана на рис. 8-1. Воздух поступает из атмосферы с давлением  $P_0$  в карбюратор и смешивается в нем с топливом. Образовавшаяся ТВС проходит мимо дроссельных заслонок, которые в зависимости от их положения тормозят движение смеси в той или иной мере и вызывают соответствующее падение ее давления. С давлением, примерно равным давлению, установленвшемуся за заслонками, ТВС подходит к крыльчатке нагнетателя и поступает в нее в сечении 1-1. В нагнетателе давление ТВС повышается до величины требуемого давления наддува  $P_k$  (в круговом сечении к—к). Под таким давлением смесь входит во впускные трубы и по ним направляется в цилиндры двигателя.

На графиках (рис. 8-1) показано изменение давления ТВС, движущейся по всасывающему тракту при работе двигателя у земли на взлетном режиме ( $P_k = 1050 \text{ мм рт. ст.}$ ) и крейсерском режиме ( $P_k = 600 \text{ мм рт. ст.}$ ).

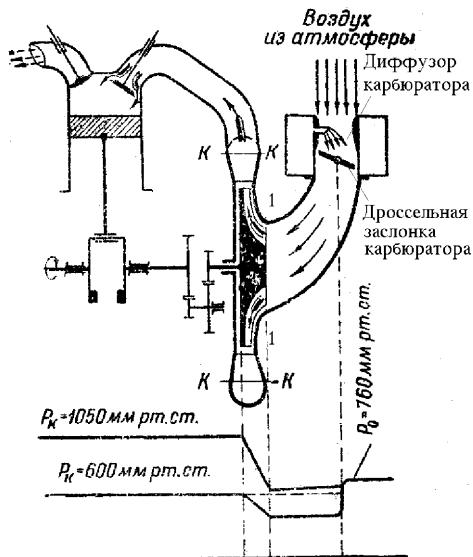


Рис. 8-1. Схема работы двигателя с нагнетателем

Совершенно очевидно, что без нагнетателя двигатель АШ-62ИР не мог бы иметь давление ТВС на входе в цилиндры, равное 1 050  $\text{мм рт. ст.}$ , и соответствующую ему взлетную мощность. Режим же, соответствующий  $P_k = 600 \text{ мм рт. ст.}$ , можно было получить и без нагнетателя, всего лишь незначительным прикрытием дроссельных заслонок карбюратора. Постепенно открывая дроссельные заслонки по мере подъема, этот режим можно было бы поддержать до высоты примерно 2000 м. Соответственно и любой другой крейсерский режим, при котором  $P_k < P_0$ , можно поддерживать до определенной высоты, не имея на двигателе нагнетателя.

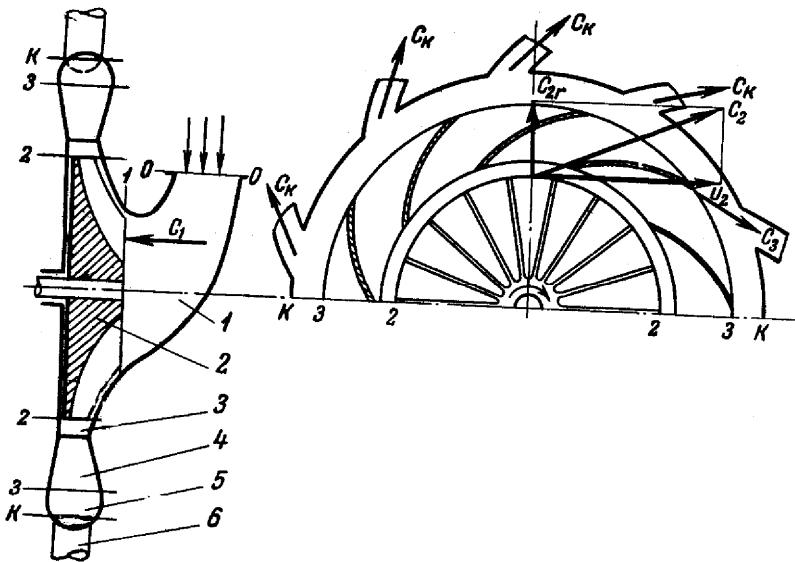
Этот пример показывает, что при работе на наиболее распространенных крейсерских режимах, соответствующих  $P_k = 620 — 660 \text{ мм рт. ст.}$  для полетов на высотах до 2000—2500 м нагнетатель не требуется. Более того, он является вредным агрегатом, так как отбирает у двигателя значительную

мощность, не совершая никакой полезной работы.

Таким образом, при использовании двигателя на самолетах Ан-2, летающих обычно на небольших высотах с использованием невысоких крейсерских мощностей, нагнетатель нужен главным образом для получения высокой взлетной мощности. Кроме того, он создает у двигателя запас мощности, обеспечивающий получение требуемых крейсерских мощностей на больших высотах полета и мощностей, достаточных для взлета самолета с высокогорных аэродромов.

## 2. ПРИНЦИП РАБОТЫ ЦЕНТРОБЕЖНОГО НАГНЕТАТЕЛЯ

Принципиальная схема центробежного нагнетателя показана на рис. 8-2. Основными частями нагнетателя являются: входной патрубок 1, крыльчатка 2, диффузор безлопаточный 3, диффузор лопаточный 4, сборник-распределитель смеси 5 и выходные патрубки (впускные трубы) 6.



*Рис. 8-2. Принципиальная схема устройства центробежного нагнетателя:*  
1 — входной патрубок; 2 — крыльчатка; 3 — диффузор безлопаточный; 4 — диффузор лопаточный; 5 — сборник-распределитель смеси; 6 — выходной патрубок

**Крыльчатка** представляет собой диск, с одной стороны которого имеются радиальные лопатки, образующие расходящиеся от центра каналы для прохода смеси. Крыльчатка получает вращение от коленчатого вала двигателя через шестеренную передачу.

**Диффузор** закреплен на корпусе нагнетателя. Он имеет лопатки, образующие спиральные каналы, расширяющиеся по направлению движения смеси.

Такой диффузор называется лопаточным. Между крыльчаткой и лопаточным диффузором имеется кольцевая полость, расположенная концентрично вокруг крыльчатки. Она образует так называемый безлопаточный диффузор.

При вращении крыльчатки топливовоздушная смесь, находящаяся в ее каналах, вращается вместе с ней и под действием собственных центробежных сил перемещается к ее периферии. Скорость, давление и температура смеси при этом увеличиваются\*, а на выходе в крыльчатку создается разрежение, благодаря чему к ней непрерывно через входной патрубок поступает свежая смесь из карбюратора.

У двигателя АШ-62ИР на взлетном режиме величина осевой скорости входа смеси в каналы крыльчатки  $C_1$  составляет 80—90 м/сек. Примерно такую же величину имеет радиальная скорость смеси на выходе из каналов крыльчатки  $C_{2r}$ , а окружная (переносная) скорость  $U_2$  равна 225 м/сек.

Таким образом, в диффузор смесь входит с высокой абсолютной скоростью  $C_2$  равной 230—240 м/сек,

\*При движении смеси по расширяющимся каналам крыльчатки часть ее кинетической энергии преобразуется в энергию давления. Происходящее, несмотря на это увеличение скорости смеси объясняется тем, что лопатки крыльчатки, заставляя смесь вращаться, передают ей механическую энергию, получаемую от коленчатого вала, которая и затрачивается на повышение давления, скорости и температуры смеси.

и имеет при этом большой запас кинетической энергии  $\frac{C_2^2}{2g}$ .

Диффузор служит для того, чтобы преобразовать часть этой кинетической энергии в давление. Двигаясь сначала по безлопаточному, а затем по, расширяющимся каналам лопаточного диффузора, смесь постепенно теряет скорость. За счет этого давление ее непрерывно растет. Скорость смеси на выходе из каналов диффузора  $C_3$  на взлетном режиме составляет около 120 м/сек.

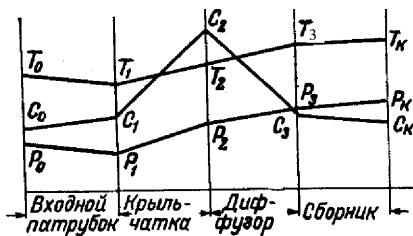


Рис. 8-3. Изменение скорости  $C$ , давления  $P$  и температуры  $T$  при движении смеси в нагнетателе

По выходе из каналов диффузора ТВС попадает в сборник—распределитель смеси, образованный полостью корпуса нагнетателя вокруг лопаточного диффузора. В сборнике происходит дальнейшее снижение скорости и повышение давления ТВС до величины  $P_k$ . Это давление называют давлением наддува. Оно замеряется в сборнике специальным прибором—мановакумметром. С таким давлением и скоростью  $C_k$  смесь поступает во впускные трубы и по ним направляется в цилиндры.

Таким образом, смесь, двигаясь в нагнетателе от входа в крыльчатку до входа во впускные трубы, непрерывно сжимается от давления  $P_0$  до давления  $P_k$ . При этом скорость ТВС на входе в нагнетатель и на выходе из него остается примерно одинаковой, а температура ее непрерывно повышается. Это повышение температуры составляет на взлетном режиме около 55° С.

Характер изменения давления, скорости и температуры смеси на отдельных участках нагнетателя показан на рис. 8-3. Сжатие ТВС в таком нагнетателе происходит под действием центробежных сил, поэтому он и называется центробежным.

Мощность, потребляемая нагнетателем, составляет на взлетном режиме около 80 л. с. Она расходуется на повышение давления и температуры ТВС и на преодоление механических сопротивлений в приводе крыльчатки.

В процессе эксплуатации двигателя АШ-62ИР наблюдается интересное явление, связанное с работой нагнетателя, физический смысл которого иногда истолковывается неправильно. Сущность его заключается в следующем: если при неизменном положении дроссельных заслонок карбюратора затяжелением\* винта уменьшить обороты коленчатого вала, то давление наддува увеличивается, а при увеличении оборотов уменьшается.

На первый взгляд кажется, что все должно было бы происходить наоборот, т. е. при уменьшении оборотов давление наддува должно снизиться, а при увеличении повыситься. Это кажется вполне понятным, так как уменьшение числа оборотов коленчатого вала вызывает соответствующее уменьшение числа оборотов крыльчатки нагнетателя, работы, подводимой ею к ТВС, а следовательно, и давления наддува. Однако в действительности этого не происходит.

Дело в том, что с уменьшением числа оборотов двигателя уменьшается и объемный расход ТВС. При неизменном положении дроссельных заслонок карбюратора это приводит к уменьшению скорости смеси, а следовательно, и гидравлических сопротивлений в диффузорах карбюратора (см. пособие по главе 11) и канале входного патрубка нагнетателя (см. рис. 8-2). За счет чего повышается давление ТВС на входе в крыльчатку нагнетателя  $P_1$ .

Одновременно с этим при снижении оборотов происходит уменьшение степени повышения давления

$$\pi = \frac{P_k}{P_1}.$$

нагнетателя:

Однако снижение  $\pi$  происходит менее интенсивно, чем повышение давления  $P_1$ . В результате давление наддува  $P_k = P_1 \cdot \pi$  повышается.

\*Затяжеление винта — перевод лопастей воздушного винта на большие углы установки. При этом сопротивление вращению лопастей винта возрастает и, как следствие, снижаются его обороты.

Приведем пример. Двигатель АШ-62ИР работает в режиме:  $P_k = 700 \text{ мм рт. ст.}$ ,  $n=1900 \text{ об/мин}$ . При этом давление смеси на входе в крыльчатку  $P_1 = 520 \text{ мм рт. ст.}$ , а степень повышения давления

$$\pi = \frac{P_k}{P_1} = \frac{700}{520} = 1,35.$$

Теперь, не меняя положения дроссельных заслонок (т. е. не трогая рычага управления нормальным газом двигателя), затяжелаем винт (т.е. перемещаем назад рычаг управления шагом винта) до  $n = 1400 \text{ об/мин}$ . Давление наддува  $P_k$  возрастает до  $760 \text{ мм рт. ст.}$

Увеличение  $P_k$  произошло потому, что давление  $P_1$  стало равно  $610 \text{ мм рт. ст.}$ , т. е. возросло примерно на 17%, в то время как степень повышения давления снизилась до  $\pi = \frac{760}{610} = 1,25$ , т.е. всего на 13,5%. Это наглядно видно на рис. 8-4.

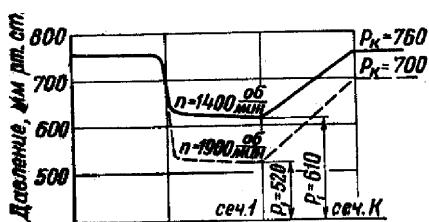


Рис. 8-4. Изменение давления наддува  $P_k$  при уменьшении числа оборотов с 1900 до 1400 об/мин и неизменном положении дроссельных заслонок

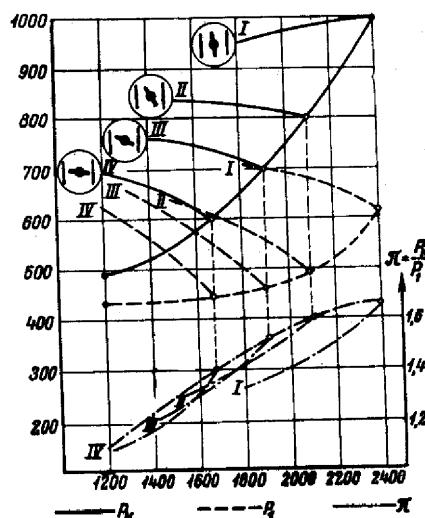


Рис. 8-5. Зависимость давления наддува  $P_k$ , давления воздуха на входе в крыльчатку нагнетателя  $P_1$  и степени повышения давления в нагнетателе  $\pi$  от числа оборотов при неизменном положении дроссельных заслонок (для двигателя АШ-82ФН)

Таким образом, повышение давления наддува при уменьшении числа оборотов и при неизменном положении дроссельных заслонок объясняется исключительно более интенсивным ростом давления смеси на входе в крыльчатку нагнетателя вследствие уменьшения гидравлических сопротивлений по сравнению с происходящим при этом уменьшением степени повышения давления нагнетателя. Для подтверждения этого на рис. 8-5 приведены данные соответствующих испытаний двигателя АШ-82ФН\*, для которого это явление столь же характерно, как и для двигателя АШ-62ИР.

Интенсивность роста  $P_k$  тем меньше, чем больше открыт дроссель. Когда положение дроссельных заслонок соответствует номинальному давлению наддува, этого явления уже не наблюдается и  $P_k$  при затяжелении винта снижается. Следовательно, по мере открытия дроссельных заслонок гидравлические сопротивления в каналах при изменении объемного расхода ТВС изменяются все менее интенсивно, что приводит к относительно меньшему изменению давления  $P_1$ .

\*Двигатель АШ-82ФН устанавливался на самолетах Ил-12. На базе его созданы двигатели АШ-82Т и АШ-82В.

### 3. ОСЕВАЯ СИЛА, ДЕЙСТВУЮЩАЯ НА КРЫЛЬЧАТКУ НАГНЕТАТЕЛЯ

Для нормальной работы нагнетателя между его крыльчаткой и корпусом необходим некоторый продольный зазор. Его величина подбирается с учетом свободного вращения крыльчатки даже в случае возможных незначительных деформаций ее или корпуса. Вместе с тем зазор не должен быть большим, так как

это приводит к увеличению трения смеси о торец крыльчатки следствие интенсивного вихревого движения ее в зазоре. На двигателе АШ-62ИР этот зазор равен 1,27 мм.

Во время работы нагнетателя зазор между крыльчаткой и корпусом заполнен топливовоздушной смесью и в нем устанавливается давление приблизительно равное давлению  $P_2$  на выходе из каналов крыльчатки (рис. 8-6).

С противоположной стороны на крыльчатку действует значительно меньшее давление. Вследствие разности давлений с обеих сторон крыльчатки возникает осевая сила, действующая на нее по направлению к задней крышке картера. На двигателе АШ-62ИР величина этой силы достигает 130—150 кгс.

Наличие осевой силы заставляет иметь в конструкции нагнетателя специальные устройства для ее восприятия—подпятники.

### 4. КОНСТРУКЦИЯ НАГНЕТАТЕЛЯ

Кроме указанных выше крыльчатки и диффузора, в конструкцию нагнетателя входят: корпус, впускные трубы, привод крыльчатки, подшипники, уплотнение валика крыльчатки и комбинированный клапан.

**Крыльчатка нагнетателя** (рис. 8-7) изготовлена штамповкой из алюминиевого сплава. На заднем торце ее имеются 22 радиально расположенные лопатки, образующие каналы, через которые проходит смесь. Для обеспечения безударного входа смеси в каналы крыльчатка имеет так называемый входной направляющий аппарат. Он образован отгибом специально спрофилированных входных кромок лопаток по направлению вращения крыльчатки.

Наличие направляющего аппарата значительно снижает гидравлические сопротивления при входе смеси в каналы крыльчатки и уменьшает мощность, необходимую для ее вращения.

Чтобы снизить разность давлений с двух сторон крыльчатки и уменьшить осевые усилия, действующие на подпятник, в стенке крыльчатки просверлено 11 наклонных отверстий. Для этой же цели и для уменьшения веса крыльчатки по ее периферии между лопатками сделано 22 выреза. Для предохранения от коррозии крыльчатка анодирована.

Крыльчатка имеет ступицу, которой она устанавливается на валик.

Для присоединения съемника в ступице имеется четыре глухих отверстия с резьбой. После изготовления крыльчатка тщательно балансируется путем выборки металла у вырезов между лопатками.

**Диффузор нагнетателя** (рис. 8-8) отлит из алюминиевого сплава и представляет собой диск с девятью лопатками на передней части. Лопатки образуют криволинейные расширяющиеся к периферии каналы для прохода ТВС.

Диффузор центрируется относительно задней половины корпуса нагнетателя цилиндрическим буртиком, крепится к корпусу винтами и фиксируется относительно его установочным штифтом.

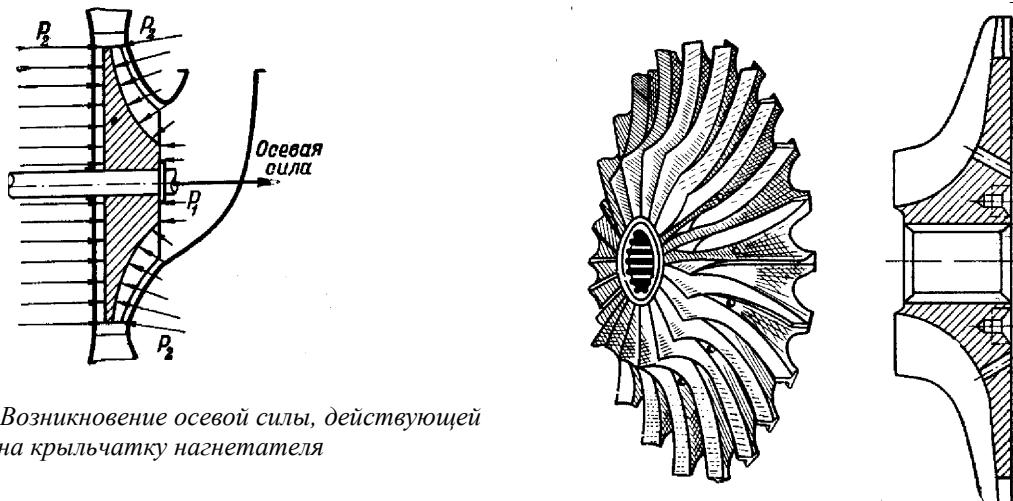


Рис. 8-6. Возникновение осевой силы, действующей на крыльчатку нагнетателя

Рис. 8-7.  
Крыльчатка  
нагнетателя

**Корпус нагнетателя** является составной частью картера двигателя. Он состоит из двух половин, в полости между которыми расположены крыльчатка и диффузор. Задняя половина корпуса имеет входной патрубок, обеспечивающий плавный подход смеси к крыльчатке; в передней половине сделаны выходные окна, в которых закреплены выпускные трубы. Конструкция корпуса нагнетателя подробно разобрана в пособии по главе 9

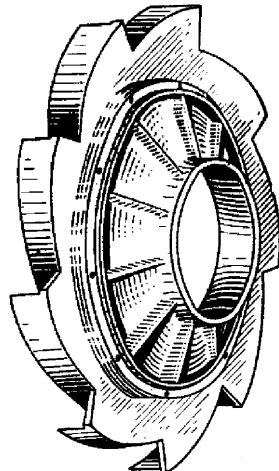


Рис. 8-8. Диффузор нагнетателя

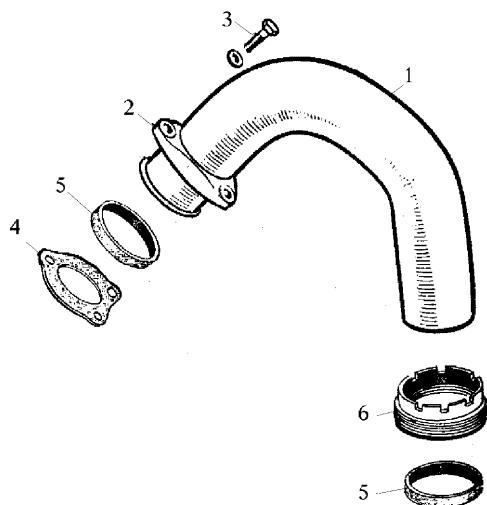


Рис. 8-9. Впускная труба:

1 — выпускная труба; 2 — фланец; 3 — винт крепления фланца; 4 — паронитовая прокладка; 5 — резиновое уплотнительное кольцо; 6 — гайка

**Впускные трубы** (рис. 8-9) служат для подвода ТВС от нагнетателя к цилиндрам. Трубы изготовлены из алюминиевого сплава и имеют форму, обеспечивающую плавные повороты смеси по пути от корпуса нагнетателя к цилиндрам. Такая форма труб и их гладкие внутренние поверхности обеспечивают уменьшение гидравлических сопротивлений при движении по ним смеси. Концы труб со стороны головок цилиндров развалцованны.

Соединения труб с корпусом нагнетателя и с цилиндрами должны иметь хорошую герметичность и эластичность, исключающую разрушение их при удлинении цилиндров от нагрева. Нарушение герметичности этих соединений вызывает подсос воздуха в цилиндры (при  $P_k < P_o$ ) или выбивание смеси наружу (при  $P_k > P_o$ ).

В гнезде корпуса нагнетателя труба уплотняется резиновым кольцом, которое обжимается манжетной гайкой 6. Соединение трубы с цилиндром уплотняется резиновым кольцом и паронитовой прокладкой 4.

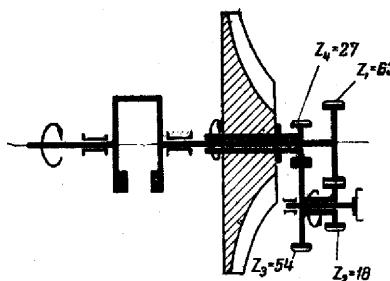


Рис. 8-10. Схема привода крыльчатки нагнетателя

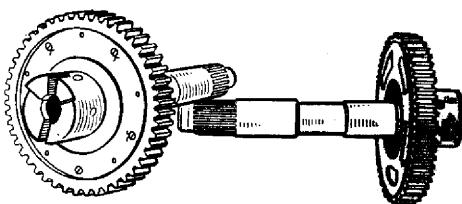


Рис. 8-11. Вал привода агрегатов.

Все впускные трубы взаимозаменяемы, за исключением труб цилиндров № 3, 4 и 5, которые имеют по одному отверстию с резьбой, закрытому пробкой. Через эти отверстия перед запуском двигателя сливается масло и бензин, скапливающийся в трубах, что уменьшает возможность гидроудара в цилиндрах.

При эксплуатации двигателя на бензинах с большим содержанием смол были случаи закупоривания сливных отверстий впускных труб смолистой пленкой. Для разрушения этой пленки при отворачивании пробок они снабжены специальным ножом.

**Привод крыльчатки нагнетателя.** Назначение привода — обеспечить требуемую угловую скорость и направление вращения крыльчатки.

Вращение от коленчатого вала к крыльчатке (рис. 8-10) передается через две пары цилиндрических шестерен с передаточным числом  $i_{kp} = \frac{z_1}{z_2} \cdot \frac{z_3}{z_4} = \frac{63}{18} \cdot \frac{54}{27} = 7$ .

Таким образом, крыльчатка нагнетателя вращается в 7 раз быстрее коленчатого вала и в направлении его вращения.

В конструкцию привода входят: вал привода агрегатов, двойная шестерня, ось двойной шестерни, валик крыльчатки нагнетателя.

**Вал привода агрегатов** (рис. 8-11) передает вращение от коленчатого вала к крыльчатке нагнетателя и к агрегатам, расположенным на задней крышке картера и задней половине корпуса нагнетателя. Кроме того, вал служит для проворачивания коленчатого вала двигателя при запуске с помощью электроинерционного стартера.

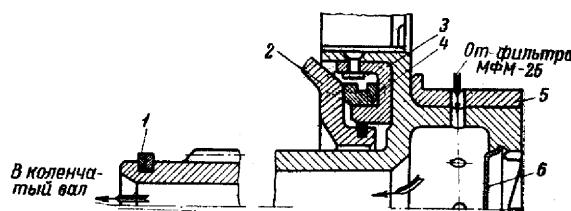


Рис. 8-12. Вал привода агрегатов (продольный разрез):

1 — маслоуплотнительное кольцо; 2 — пята нагнетателя; 3 — втулка; 4 — упорное кольцо;  
5 — втулка; 6 — заглушка

Вал изготовлен из высококачественной специальной стали. На переднем конце он имеет шлицы для соединения с коленчатым валом, на заднем конце — шейку для опоры на центральный подшипник задней крышки картера и фасонный фланец, на котором монтируется эластичная шестерня, передающая вращение крыльчатке нагнетателя и приводам агрегатов.

Конструкция соединения шестерни с фланцем вала подобна конструкции соединения зубчатых венцов двойной шестерни привода механизма газораспределения. Эластичная шестерня сглаживаетнеравномерность крутящего момента, передаваемого крыльчатке нагнетателя и другим агрегатам, и

уменьшает ударные нагрузки на зубья шестерен в момент резкого изменения числа оборотов коленчатого вала и при запуске двигателя.

На переднем торце фланца вала сделана выточка, в которую установлена на заклепках стальная втулка 3 (рис. 8-12). На втулку свободно посажено упорное бронзовое, кольцо 4. Подбором толщины этого кольца устанавливается требуемая величина продольного зазора вала. Кольца по толщине изготавливаются восьми размеров: от 6,8 до 8,2 мм (через 0,2 мм). Осевые перемещения вала ограничиваются торцом пяты нагнетателя 2 и фланцем центральной втулки задней крышки картера 5.

Между фланцем и шлицами вал имеет две цилиндрические шейки, являющиеся опорами валика крыльчатки. На каждой шейке сделана продольная лыска для прохода масла. Внутри вал привода агрегатов имеет полость, закрытую с заднего конца стальной заглушкой 6. Через эту полость масло под давлением от фильтра МФМ-25 поступает в коленчатый вал. Через радиальное отверстие в стенке вала привода масло выходит на смазку подшипников валика крыльчатки.

Для уплотнения радиальных зазоров между коленчатым валом и валом привода агрегатов на носке последнего имеется кольцевая канавка, в которую устанавливаются два бронзовых маслоуплотнительных кольца.

На торце задней опорной шейки вала привода агрегатов находится храповик. С ним при запуске двигателя сцепляется храповик электроинерционного стартера. Кроме того, на торце сделаны три паза, расположенных под углом 120° один к другому, на случай замены стартера другим агрегатом, которому необходимо передать вращение.

**Двойная шестерня привода нагнетателя и ее ось** (рис. 8-13). Шестерня — стальная. Своей бронзовой втулкой она опирается на стальную ось, закрепленную фланцем на шпильках задней крышки картера. Под фланец оси устанавливается паронитовая прокладка. Передним концом ось входит в стальной стакан, запрессованный в заднюю половину корпуса нагнетателя.

Стакан закрывает полость внутри оси, в которую через радиальное отверстие на заднем конце оси подводится масло под давлением из каналов задней крышки картера. По радиальному отверстию в средней части оси масло выходит затем на смазку втулки шестерни. Осевые перемещения шестерни ограничиваются стаканом корпуса нагнетателя и специальным буртиком оси. Для уменьшения торцевого трения с обеих сторон шестерни устанавливается по одной упорной бронзовой шайбе чашеобразной формы.

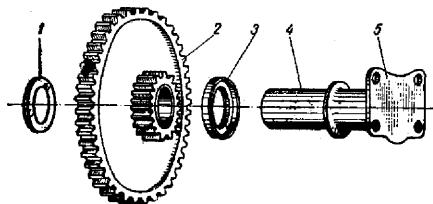


Рис.8-13. Двойная шестерня и ось двойной шестерни привода крыльчатки нагнетателя:  
1—передняя шайба; 2—двойная шестерня; 3—задняя шайба; 4—ось двойной шестерни; 5—фланец оси

**Валик крыльчатки нагнетателя** (рис. 8-14) —стальной, полый, изготовлен заодно с шестерней, имеющей 27 зубьев. Валик имеет наружные шлицы для установки крыльчатки, по обе стороны которых расположены гладкие шейки для установки маслоуплотнительных втулок. Для прохода воздуха от задней втулки к передней два диаметрально противоположных шлица валика удалены по всей длине. Срез второго шлица вызван необходимостью сохранить балансировку валика. Между задней маслоуплотнительной втулкой и шестерней валика устанавливается бронзовая шайба 5. Подбором ее толщины регулируется величина зазора между передним торцом крыльчатки и стенкой корпуса нагнетателя и между лопatkами крыльчатки и стенкой диффузора. Для этого шайбы изготавливаются по толщине шести размеров: от 3,8 до 4,8 мм (через 0,2 мм). Эта же шайба служит упором, ограничивающим перемещения валика вперед. Перемещения валика назад ограничиваются подпятником.

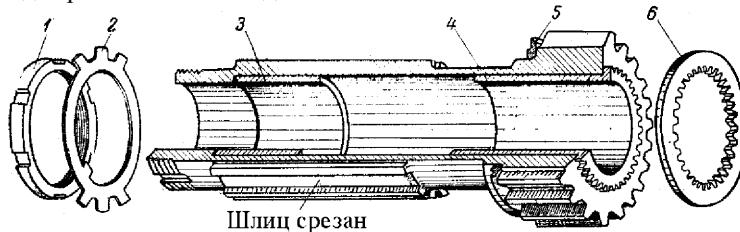


Рис. 8-14. Валик крыльчатки нагнетателя: 1 — гайка; 2 — замок гайки; 3 — передняя втулка; 4 — задняя втулка; 5 — бронзовая шайба; 6 — шлицевая шайба

Все детали закреплены на валике гайкой 1, навернутой на резьбу переднего хвостовика. Гайка за контрана замком 2.

В полость валика со стороны его шестерни запрессованы две стальные втулки 3 и 4. Ими валик опирается на вал привода агрегатов.

**Подпятник нагнетателя.** Осевые усилия, действующие на крыльчатку, передаются на валик крыльчатки и стремятся сдвинуть его в сторону задней крышки. Для восприятия этих усилий в конструкции нагнетателя имеется подпятник (рис. 8-15). Он состоит из стальной пяты 2 и шарового бронзового кольца 3.

Пята крепится за фланец к задней половине корпуса нагнетателя винтами с потайной головкой. Спереди она имеет сферическое гнездо, на которое свободно опирается шаровое бронзовое кольцо. Передняя поверхность шарового кольца плоская и имеет лунки для захода масла.

Благодаря наличию сферического подпятника валик крыльчатки приобретает свойство самоустанавливаться. Это исключает вредное влияние перекосов, которые могут возникнуть в результате неточности обработки деталей или температурных деформаций корпуса нагнетателя.

Трущиеся поверхности деталей подпятника смазываются маслом, поступающим к ним по лыске задней шейки вала привода агрегатов. Для улучшения условий смазки на задней цилиндрической шейке пяты имеется наружная кольцевая канавка, в которую установлено чугунное маслоуплотнительное кольцо 4. Оно опирается на поверхность стальной втулки, прикрепленной к фланцу вала привода агрегатов, и препятствует утечке масла из радиальных зазоров между ним и пяты.

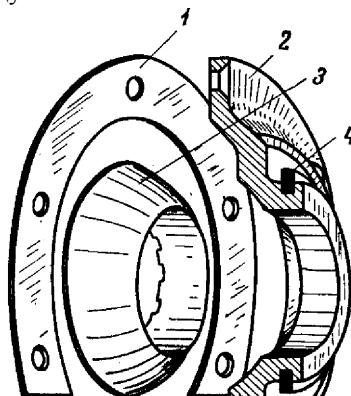


Рис. 8-15. Подпятник нагнетателя:

1 — прокладка; 2 — стальная пята; 3 — шаровое бронзовое кольцо; 4 — маслоуплотнительное кольцо

Под фланец пяты кладется многослойная уплотнительная прокладка 1, толщиной которой регулируют величину продольных перемещений валика крыльчатки нагнетателя.

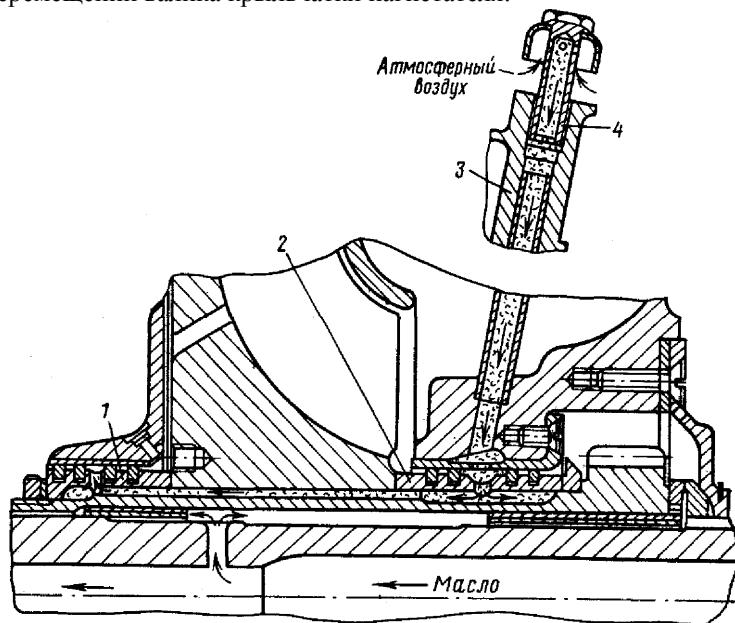


Рис. 8-16. Уплотнение валика крыльчатки нагнетателя:

1 — передняя маслоуплотнительная втулка; 2 — задняя маслоуплотнительная втулка;

3 — трубка; 4 — грибок

**Уплотнение валика крыльчатки нагнетателя.** Давление смеси на входе в крыльчатку нагнетателя всегда меньше давления в полости картера. Давление в зазоре между, передним торцом крыльчатки и корпусом нагнетателя также меньше давления в картере даже при  $P_k$ , значительно превышающем  $P_0$ . Вследствие этого в полость нагнетателя через радиальные зазоры между стенками его корпуса и валиком крыльчатки из соседних с ним полостей картера могут подсасываться масло и воздух, насыщенный маслом. Это масло вместе со смесью попадает в цилиндры, забрасывает свечи и вызывает тряски двигателя.

Для предотвращения попадания масла из полостей картера в полость нагнетателя в его конструкции предусмотрено уплотнение валика крыльчатки (рис. 8-16).

На валике в местах его прохода через стенки корпуса нагнетателя установлены две стальные втулки. Каждая втулка имеет четыре канавки, в которые установлено по чугунному маслоуплотнительному кольцу. Кольца преграждают маслу путь из картера в нагнетатель. Полости между средними кольцами обеих втулок через специальный грибок 4 и стальную трубу 3, установленные в задней части корпуса нагнетателя, соединены с атмосферой. Атмосферный воздух подводится в полость между кольцами задней втулки, откуда по ее радиальным отверстиям и по двум каналам, образованным удалением двух шлиц на валике крыльчатки, поступает через радиальные отверстия передней втулки в полость между ее средними кольцами.

Наличие воздуха в полостях между маслоуплотнительными кольцами значительно повышает эффективность уплотнения. Дело в том, что через зазоры внутренних маслоуплотнительных колец разрежение из полости нагнетателя неизбежно передается в полости между кольцами обеих втулок. Не будь эти полости сообщены с атмосферой, в них, а следовательно, и в нагнетатель под действием разрежения всегда поступало бы масло из картера через зазоры колец в стыке. При наличии же свободного доступа атмосферного воздуха в полости между маслоуплотнительными кольцами в них поддерживается атмосферное давление. Перепад же давлений в картере и в полостях между кольцами становится близким к нулю, благодаря чему подсос масла из картера практически исключается.

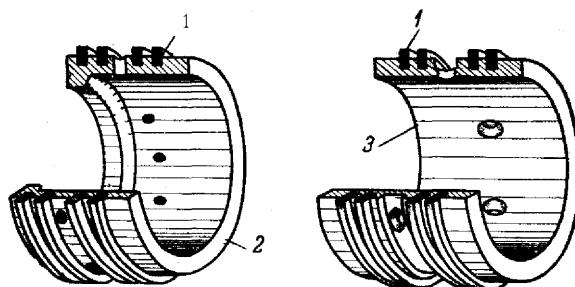


Рис. 8-17. Втулки уплотнения валика крыльчатки нагнетателя:  
1 — маслоуплотнительные кольца; 2 — передняя втулка; 3 — задняя втулка

При таком устройстве уплотнения в нагнетатель через зазоры внутренних маслоуплотнительных колец постоянно поступает чистый атмосферный воздух. Однако количество его настолько мало, что ни в какой мере не оказывается на качестве смеси.

Если зазоры маслоуплотнительных колец очень велики, то работа уплотнения нарушается и в полость нагнетателя попадает масло из картера. Особенно обильно масло поступает в нагнетатель в этом случае во время работы двигателя на малом газе, когда перепад давлений в картере и полости нагнетателя наибольший.

Конструкция деталей уплотнения показана на рис. 8-16 и 8-17. Маслоуплотнительные кольца переднего уплотнения опираются на поверхность стальной втулки, запрессованной в маслоуплотнительный диск.

Диск крепится винтами к стенке передней половины корпуса нагнетателя. Под диск устанавливается уплотнительная паронитовая прокладка. Кольца заднего уплотнения опираются на поверхность стальной втулки, запрессованной и закрепленной винтами в стенке задней половины корпуса нагнетателя. Эта втулка имеет радиальные отверстия для прохода атмосферного воздуха.

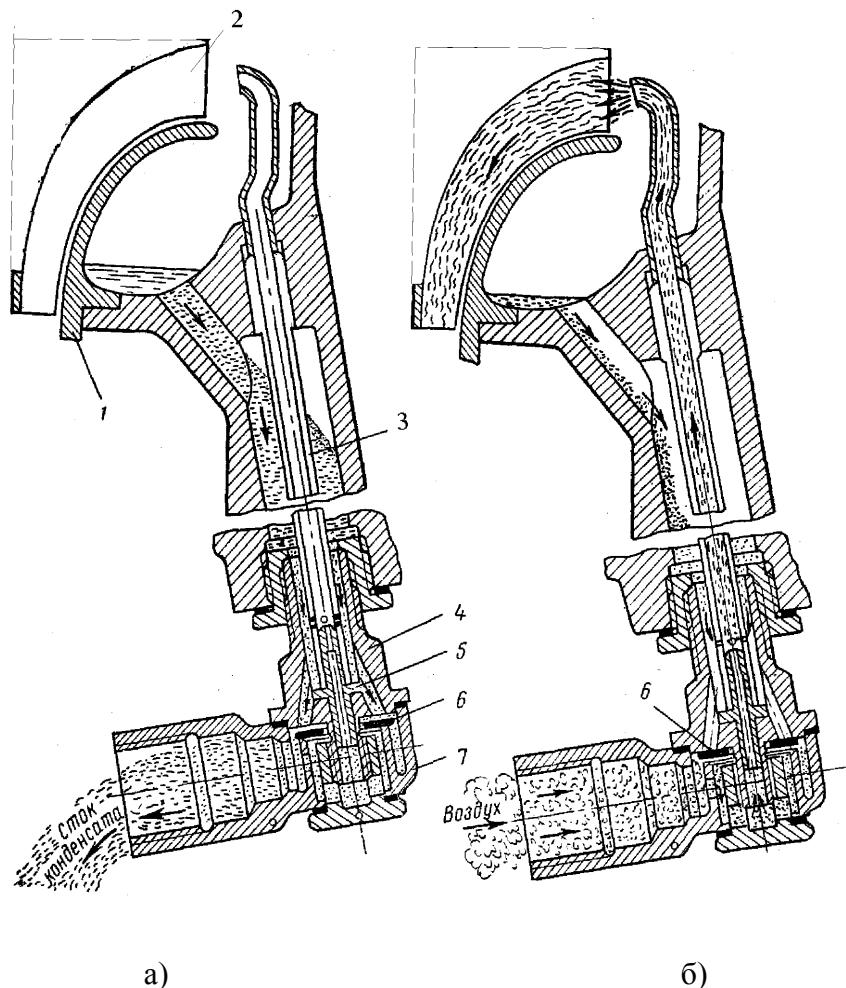


Рис. 8-18. Схема устройства и работы комбинированного клапана нагнетателя:

1 – диффузор; 2 – крыльчатка; 3 – трубка; 4 – корпус; 5 – распылитель; 6 – подвижная шайба; 7 – ниппель

**Комбинированный клапан нагнетателя** (рис. 8-18). Через нагнетатель протекает смесь бензина с воздухом. По пути от карбюратора до входа в каналы крыльчатки часть неиспарившегося бензина выпадает из смеси в виде конденсата. Этот конденсат стекает по стенкам переходника карбюратора и входного патрубка в задиффузорное пространство нагнетателя и скапливается в его нижней части. Бензин может поступать в задиффузорное пространство также в результате работы насоса приемистости карбюратора в момент запуска двигателя и вследствие негерметичности игольчатого клапана карбюратора.

Скопление бензина в полости нагнетателя недопустимо, так как это создает опасность гидроудара при запуске двигателя и пожара при обратных вспышках в карбюратор. Для удаления бензина, скопившегося в задиффузорном пространстве нагнетателя, служит комбинированный клапан. Он состоит из корпуса 4, распылителя 5, трубки 2, стальной подвижной шайбы 6 и ниппеля 7.

Корпус 4 имеет десять расположенных по окружности наклонных каналов, соединяющих внутреннюю полость распылителя с ниппелем, и осевое отверстие, в которое вставлен распылитель 5. Ниппель 7 прикреплен к корпусу специальной резьбовой пробкой. К ниппелю крепится дренажная трубка.

Между кольцевым ребром ниппеля и нижним торцом корпуса свободно установлена стальная шайба 6, поверхность которой притерта к торцу корпуса. Верхний конец корпуса имеет резьбу для ввертывания в гнездо, установленное в задней половине корпуса нагнетателя. Трубка клапана туго посажена на распылитель. У нижнего конца она имеет четыре радиальных отверстия. Клапан устанавливается в канале задней половины корпуса нагнетателя справа снизу. При этом трубка плотно входит в гнездо в верхней части канала. Продолжением трубки клапана является трубка, плотно установленная в канал со стороны полости нагнетателя и прикрепленная к его корпусу хомутом. Обрез этой трубки расположен у входной части крыльчатки — в зоне наибольшего разрежения.

Кольцевая полость вокруг трубки клапана сообщена каналом в корпусе нагнетателя с нижней частью задиффузорного пространства. По этому каналу бензин, попавший в задиффузорное пространство, стекает в полость корпуса клапана.

Комбинированный клапан работает следующим образом.

На неработающем двигателе (рис. 8-18, а) подвижная шайба под действием собственного веса занимает нижнее положение. При этом внутренняя полость корпуса клапана через его наклонные отверстия, ниппель и дренажную трубку сообщается с атмосферой. Бензин, попавший в задиффузорное пространство нагнетателя в результате резкого движения сектором газа или негерметичности игольчатого клапана карбюратора, стекает в полость между трубкой и корпусом клапана, откуда по наклонным каналам корпуса поступает в ниппель и через дренажную трубку сливается.

На работающем двигателе (рис. 8-18, б) разрежение у входа в крыльчатку передается через медную трубку в трубку клапана и через ее радиальные отверстия — в полость корпуса вокруг трубы. Под действием разрежения подвижная шайба клапана поднимается, плотно прилегает к нижнему торцу корпуса и закрывает его наклонные каналы, разобщая внутреннюю полость корпуса с атмосферой. В результате разрежения в трубке клапана внутрь ее через дренажную трубку и центральное отверстие распылителя диаметром 0,8 мм начинает поступать атмосферный воздух.

Конденсат бензина, скопившийся в задиффузорном пространстве нагнетателя, как и в первом случае, стекает во внутреннюю полость корпуса клапана, но не сливается наружу, а под действием разрежения поступает внутрь трубы через радиальные отверстия. Здесь бензин смешивается с воздухом, поступающим из распылителя, и подводится в виде эмульсии к входной части крыльчатки нагнетателя.

Действие клапана на работающем двигателе нарушается, если подвижная шайба неплотно прилегает к торцу корпуса. Такое явление может произойти в случае, если дренажная трубка своим нижним срезом будет поставлена не навстречу набегающему потоку, а наоборот. Тогда в ней создается разрежение, под действием которого шайба опускается вниз, а конденсат бензина и часть смеси из задиффузорного пространства нагнетателя непрерывно высасывается в атмосферу.

Поэтому дренажную трубку клапана следует устанавливать так, чтобы она выходила за капот двигателя в месте, наиболее удаленном от выхлопной трубы, и чтобы срез ее был расположен по направлению полета.

Наличие комбинированного клапана нагнетателя позволяет во время технического обслуживания двигателя проверять герметичность игольчатого клапана поплавкового механизма карбюратора. Течь бензина из дренажной трубы клапана при давлении бензина в топливопроводе перед карбюратором 0,2 - 0,25  $\text{кгс}/\text{см}^2$  указывает на негерметичность игольчатого клапана карбюратора. По этому же признаку определяется заедание игольчатого клапана карбюратора в открытом положении в момент запуска двигателя.

Исправность комбинированного клапана проверяется во время технического обслуживания через каждые 100 ч работы двигателя. Для этого необходимо создать давление в топливопроводе между топливным насосом и карбюратором 0,3—0,4  $\text{кгс}/\text{см}^2$ , один - два раза энергично и до отказа переместить сектор нормального газа вперед - назад и убедиться, что бензин вытекает из дренажной трубы клапана.

## 5.НЕИСПРАВНОСТИ НАГНЕТАТЕЛЯ, ИХ ОПРЕДЕЛЕНИЕ, УСТРАНЕНИЕ И ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

К числу наиболее характерных неисправностей нагнетателя, встречающихся в процессе эксплуатации двигателя АШ-62ИР, относятся:

- нарушение герметичности соединения впускных труб с корпусом нагнетателя;
- течь масла из-под фланца оси двойной шестерни;
- попадание масла в полость нагнетателя;
- деформация диффузора и крыльчатки.

Первые две неисправности устраняются в эксплуатационных условиях, две последние требуют снятия двигателя с самолета и отправки его в ремонт.

**Нарушение герметичности соединения впускных труб с корпусом** нагнетателя. Причина — недостаточная затяжка манжетных гаек или потеря упругости резиновых уплотнительных колец.

Неисправность определяется по тряске двигателя при работе на  $P_k$  меньше атмосферного давления. Тряска происходит из-за подсоса воздуха в отдельные цилиндры и возникающего вследствие этого обеднения и неравномерности состава смеси в цилиндрах.

Второй признак неисправности — появление красного налета вокруг манжетных гаек или на впускных трубах возле гаек, указывающее на выбивание смеси в этих местах. Выбивание смеси происходит, если давление  $P_k$  больше атмосферного.

Неисправность устраняется путем подтяжки манжетных гаек, а в случае ее повторения — заменой резиновых уплотнительных колец.

В процессе эксплуатации двигателя резиновые уплотнительные кольца иногда проваливаются в, нагнетатель, а затем попадают во впускные трубы и цилиндры. Причиной этого является значительные деформации впускных труб при обратных вспышках смеси в нагнетателе. В случае обнаружения этой неис-

правности впускную трубу необходимо заменить.

Перед установкой новой трубы следует проверить зазор между ее торцом и упором гнезда в корпусе нагнетателя. Зазор должен быть 1—3 мм, а радиальный зазор между трубой и гайкой — не менее 0,5 мм.

**Течь масла из-под фланца оси двойной шестерни** происходит вследствие недостаточной герметичности прокладки. Если неисправность не устраняется подтяжкой гаек крепления оси, то необходимо отвернуть гайки, осторожно вытянуть ось не более чем на 30 мм (чтобы передний конец ее не вышел из опорного стакана корпуса нагнетателя), смазать прокладку герметиком или обмотать шейку оси у фланца тонкой асбестовой ниткой, после чего закрепить ось на задней крышке.

Замена прокладки требует снятия задней крышки картера.

**Попадание масла в полость нагнетателя.** Причинами неисправности могут быть:

- износ маслоуплотнительных колец или втулок корпуса нагнетателя, на которые они опираются;
- нарушение герметичности соединения маслоуплотнительного фланца со стенкой передней половины корпуса нагнетателя;
- слабая затяжка винтов крепления маслоуплотнительного фланца;
- нарушение герметичности соединения половин корпуса нагнетателя в местах расположения масляных каналов.

Основным признаком неисправности является тряска двигателя, возникающая при забрасывании свечей маслом, которое попадает в цилиндры вместе со ТВС.

Чтобы убедиться в том, что масло в цилиндры поступает из нагнетателя, а не через поршневые кольца или направляющие клапанов, необходимо снять любую впускную трубу, осмотреть ее внутреннюю полость и внутреннюю полость нагнетателя.

При попадании масла в полость нагнетателя вся внутренняя поверхность впускной трубы и видимые через окно поверхности корпуса и диффузора нагнетателя будут замаслены.

**Деформация диффузора и крыльчатки** происходит в результате обратных вспышек — взрывов ТВС в полости нагнетателя, причиной которых является чрезмерное обеднение смеси. Возникающая при этом взрывная волна может вызвать деформацию диффузора в такой степени, что за него будет задевать крыльчатку.

Переобеднение смеси и обратные вспышки чаще всего происходят из-за недостаточной заливки двигателя при запуске (особенно если двигатель холодный).

Крыльчатка может деформироваться и в результате неправильного пользования подогревателем воздуха карбюратора при устранении его обледенения.

Интенсивный подогрев воздуха, поступающего в карбюратор, приводит к скальванию кусочков льда, которые с силой ударяют о входные кромки лопаток крыльчатки и могут деформировать их настолько, что они будут задевать за диффузор. Поэтому подогреватель воздуха при обледенении карбюратора необходимо включать постепенно (см. пособие по главе 11).

Деформация диффузора и крыльчатки и оплавление ее лопаток могут произойти также в результате того, что при обратной вспышке воспламеняется и в течение некоторого времени горит бензин, скопившийся в задиффузорном пространстве нагнетателя. Если двигатель по какой-либо причине остановился, этот бензин продолжает гореть. В результате от нагрева диффузор коробится, а лопатки крыльчатки могут оплавиться. Чтобы избежать этого, необходимо во всех случаях, когда бензин в полости нагнетателя загорится и двигатель остановится, как можно быстрее начать интенсивно проворачивать коленчатый вал любым способом или принять меры для тушения пожара. В противном случае пожар распространяется на всю силовую установку.

## ГЛАВА 9. КАРТЕР ДВИГАТЕЛЯ АШ-62ИР. ПРИВОДЫ АГРЕГАТОВ ДВИГАТЕЛЯ АШ-62ИР.

### 1. КАРТЕР ДВИГАТЕЛЯ

#### 1.1. НАЗНАЧЕНИЕ КАРТЕРА

Картер является основным силовым корпусом двигателя. К нему крепятся цилиндры, в нем расположены опорные подшипники коленчатого вала и упорный подшипник вала винта. За картер двигатель крепится к подмоторной раме, и через него на раму передается вся сила тяги винта. На картере крепятся все приводы агрегатов и сами агрегаты. Кроме того, стенки картера образуют резервуар, обеспечивающий сбор масла, стекающего после смазки трущихся поверхностей деталей двигателя.

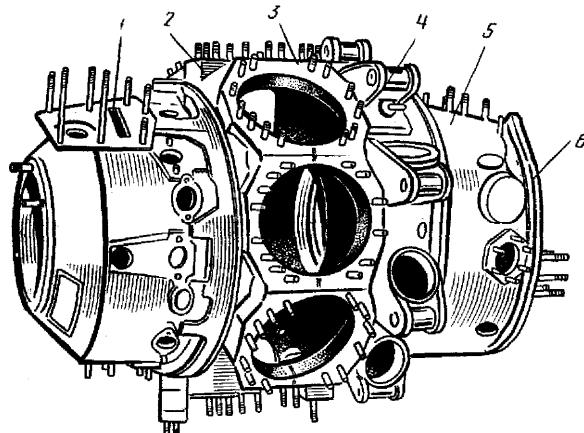


Рис. 9-1. Картер двигателя:

1 — носок картера; 2 — передняя часть среднего картера; 3 — задняя часть среднего картера; 4 — передний корпус нагнетателя; 5 — задний корпус нагнетателя; 6 — задняя крышка

Для удобства монтажа деталей, устанавливаемых внутри картера, он делается разъемным и состоит из шести основных частей (рис. 9-1): носка, передней и задней половин среднего картера, передней и задней половин корпуса нагнетателя и задней крышки. Все части картера симметричны относительно одна другой и соединены между собой болтами и шпильками.

В полости носка картера размещен редуктор двигателя, привод механизма газораспределения и кулачковая шайба; в полости среднего картера — кривошипно-шатунный механизм; в корпусе нагнетателя — крыльчатка и диффузор нагнетателя; в полости между задней половиной корпуса нагнетателя и задней крышкой — приводы всех агрегатов, за исключением привода РПО, и привод крыльчатки нагнетателя.

Жесткость картера обеспечивается наличием в нем поперечных стенок.

#### 1.2. КОНСТРУКЦИЯ КАРТЕРА

**Носок картера** (рис. 9-2) изготовлен штамповкой из сплава алюминия. На боковой поверхности носка равномерно по окружности в два ряда расположены 18 приливов с отверстиями для установки направляющих толкателей механизма газораспределения. Отверстия имеют пазы для прохода ролика толкателя. На площадке каждого прилива ввернуто по две шпильки для крепления направляющих. Чтобы во время монтажа не перепутать направляющие различных групп, шпильки крепления верхних и нижних направляющих установлены на различном расстоянии одна от другой.

На двигателях 15-й серии шпильки для крепления направляющей толкателя впуска цилиндра № 5 расположены на таком расстоянии одна от другой, что установка любой другой направляющей исключена. Для отличия носка картера двигателей 15-й серии на его поверхности рядом со смотровым окном сделана засверловка диаметром 14 мм на глубину 4 мм.

Слева вверху носок имеет прилив с фланцем для крепления привода регулятора оборотов. В приливе сделаны прорезь для ведущей шестерни привода и входные отверстия каналов, по которым масло поступает к направляющим толкателей верхних цилиндров на смазку привода РПО и от РПО в винт. Слева от фланца для привода РПО расположено смотровое окно, позволяющее устанавливать магнето и проверять

регулировку механизма газораспределения без пользования регулировочным диском. Для этого на стенке окна нанесена поперечная риска шириной 1 мм. Окно закрыто пробкой.

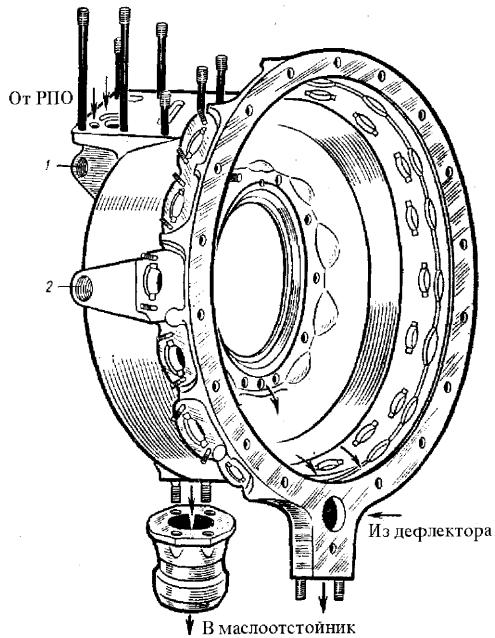


Рис. 9-2. Носок картера:

1 — замер давления масла; 2 — смотровое окно

Снизу (между цилиндрами № 5 и 6) на носке имеются два расположенных один за другим прилива. К переднему приливу четырьмя шпильками крепится труба для слива масла из передней части внутренней полости носка картера в маслоотстойник. К нижнему фланцу заднего прилива на двух шпильках крепится своим передним фланцем маслоотстойник. В теле этого прилива сделано два вертикальных канала для слива масла в маслоотстойник из задней части внутренней полости носка картера и из полости среднего картера (через масляный дефлектор). В середине между каналами прилив имеет сквозное горизонтальное отверстие для прохода болта, стягивающего носок со средним картером. Выше этого отверстия расположено гнездо, в которое входит передний конец масляного дефлектора, установленного в полости среднего картера. Гнездо соединено с имеющимися в приливе вертикальными каналами для слива масла.

Передняя часть носка картера сделана в виде ступицы с осевой расточкой, наружным и внутренним фланцами. В расточку запрессовано и штифтом зафиксировано от проворачивания стальное гнездо упорно-опорного подшипника (см. пособие по теме 6).

Внутренний фланец ступицы служит для крепления неподвижной шестерни редуктора, внешний — для крепления стального отъемного фланца носка картера, через который сила тяги винта передается на картер. Крепятся они одновременно восемью болтами. Кроме того, и шестерня и фланец раздельно крепятся двумя шпильками каждый. Для улучшения герметичности по болтам крепления шестерни и фланца в носке картера со стороны переднего фланца делаются специальные проточки, в которые устанавливаются резиновые маслouплотнительные кольца.

Между отъемным фланцем и носком картера ставится паронитовая прокладка. Толщиной прокладки (0,4 или 0,6 мм) регулируется величина натяга между торцом фланца и наружной обоймой упорно-опорного подшипника. На фланец устанавливается и крепится вместе с ним распорное дюралюминиевое кольцо. При эксплуатации двигателя в зимних условиях кольцо используется для крепления внутреннего диска жалюзи капота. Для стока масла проникшего через подшипник к фланцу, в нижней части носка картера сделан сливной канал.

Задний торец носка картера имеет выточку, в которую входит буртик передней половины среднего картера. Этим обеспечивается их центрирование. Носок крепится шпильками, ввернутыми в переднюю половину среднего картера, и стяжным болтом, который проходит сквозь обе половины среднего картера и прилив носка картера в месте крепления маслоотстойника.

Герметичность разъема носка и среднего картера обеспечивается уплотнительным кольцом. В стенках носка картера просверлены каналы, подводящие масло от РПО в винт, к направляющим толкателей верхних

цилиндров и на смазку привода РПО. Схема масляных каналов дана на рис. 9-3.

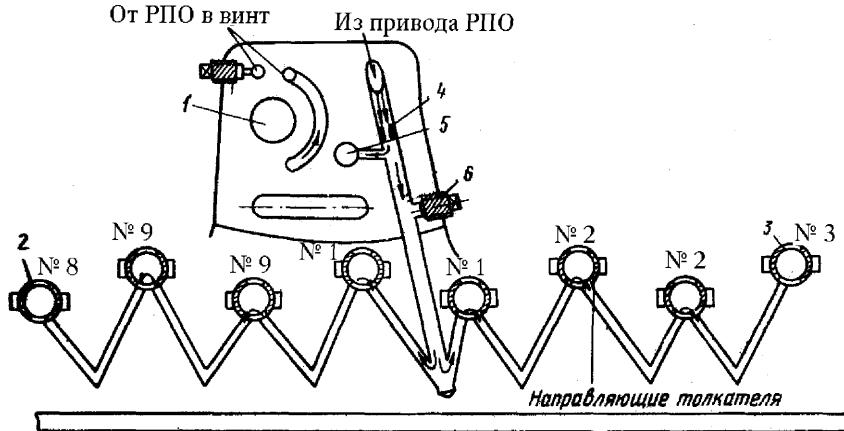


Рис. 9-3. Схема масляных каналов в носке картера:

1 — отверстие для слива масла из РПО и привода РПО в картер; 2 — гнездо направляющей толкателья выпуска цилиндра № 8; 3 — гнездо направляющей толкателья выпуска цилиндра № 3; 4 — отверстие для замера давления масла; 5 — зенковка для подвода масла к приводу РПО; 6 — жиклер Ø 3,2 мм

К РПО масло поступает из его привода, к которому оно подводится по наружной трубке от фильтра МФМ-25. Давление масла, поступающего к направляющим толкателям и от РПО в винт по левому каналу носка, можно замерить манометром, для установки которого каналы имеют гнезда с конической резьбой, заглушенные пробками.

**Средний картер** (рис. 9-4) — наиболее нагруженная и конструктивно наиболее прочная часть картера. Он состоит из двух половин, изготовленных штамповкой из алюминиевого сплава, с центрированных и соединенных между собой болтами. Герметичность соединения половин среднего картера обеспечивается тщательной притиркой их контактных поверхностей. Механическая обработка обеих половин среднего картера производится совместно. Каждая половина имеет поперечную стенку с центральной расточкой. В них запрессованы и закреплены штифтами стальные цементированные гнезда опорных подшипников коленчатого вала.

К переднему фланцу гнезда переднего подшипника присоединен фланец подачи масла к оси двойной шестерни привода механизма газораспределения. Он является также упором, ограничивающим продольные перемещения коленчатого вала вперед. Задним упором подшипника и вала служит внутренний буртик переднего гнезда.

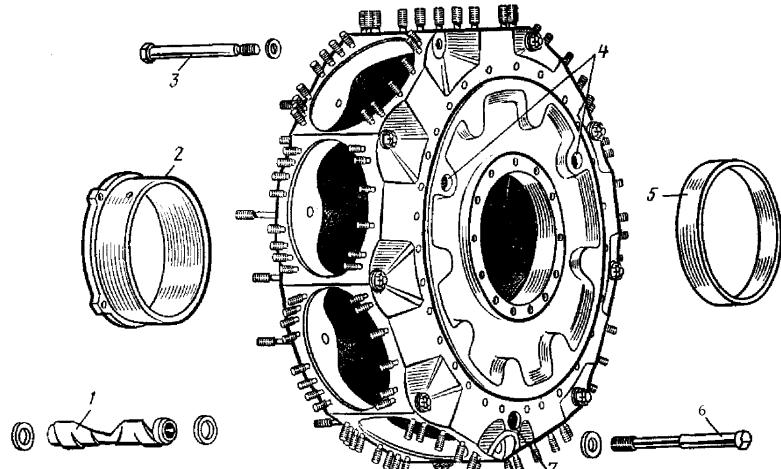


Рис. 9-4. Средний картер:

1 — дефлектор; 2 — гнездо переднего подшипника коленчатого вала; 3 — стяжной болт; 4 — суплерные отверстия; 4 — гнездо заднего подшипника коленчатого вала; 5 — болт крепления среднего картера и носка картера; 7 — гнездо дефлектора

В стенке вокруг гнезда заднего подшипника с внешней стороны находятся резьбовые отверстия под винты крепления маслоуплотнительного диска валика крыльчатки нагнетателя. Каждая стенка в верхней части имеет по два отверстия для суфлирования полостей картера. В нижней части стенок между цилиндрами № 5 и 6 имеется по сквозному отверстию, в которые устанавливается своими концами масляный дефлектор (рис. 9-5). Вокруг этих отверстий с внешней стороны сделаны выточки под резиновые маслоуплотнительные кольца. Дефлектор отсекает масло от вращающихся противовесов-демпферов коленчатого вала, улучшает сток масла в отстойник и уменьшает затраты мощности на барботаж.

В нижнюю часть стенки передней половины среднего картера запрессованы три болта с круглыми потайными головками, на которых со стороны носка картера устанавливается своим фланцем ось двойной шестерни привода механизма газораспределения. На боковой поверхности среднего картера сделано девять фланцев для крепления цилиндров.

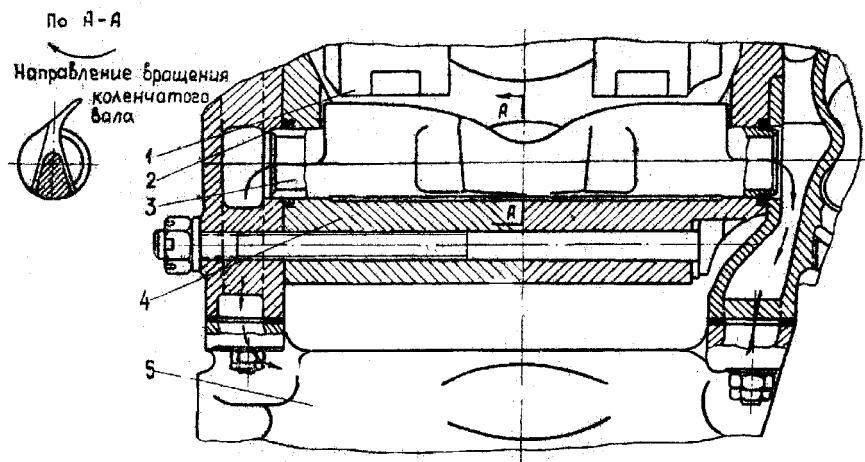


Рис. 9-5. Масляный дефлектор среднего картера:

- 1 — противовес-демпфер коленчатого вала; 2 — маслоуплотнительное кольцо;
- 3 — масляный дефлектор; 4 — средний картер; 5 — маслосборник

При стягивании болтами среднего картера происходит выпучивание металла на фланцах крепления цилиндров в местах их сочленения. Оно приводит к неравномерному прилеганию фланцев цилиндров к площадкам картера и к неравномерному распределению нагрузки, действующей на них от усилия затяжки гаек крепления цилиндров. Это может привести к появлению наклела на площадках картера в местах выпучивания металла и к ослаблению его прочности. Для устранения этого на площадках картера сделаны сегментные выемки (рис. 9-6).

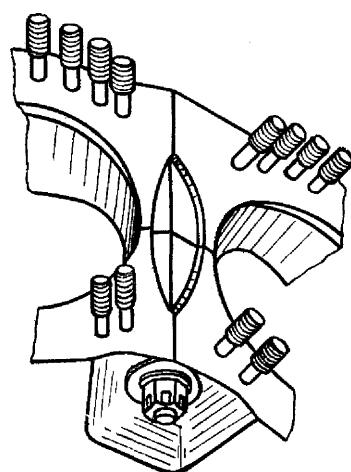


Рис. 9-6. Выемки на фланцах среднего картера для крепления цилиндров

Каждая площадка имеет 14 шпилек (восемь на передней и шесть на задней части). Две средние шпиль-

ки на каждой ее половине имеют коническую резьбу и ввертываются в глухие гнезда. Конусность резьбы этих шпилек больше конусности гнезд картера, в которые они ввертываются. Благодаря этому натяг в резьбе создается в основном у последних, более полных ее витков, что упрощает подбор шпилек в гнездах по натягу и разгружает картер со стороны внутренней полости, где прежде чаще всего появлялись трещины. С целью повысить эластичность резьбы конусные шпильки имеют специальную зенковку с торца.

**Корпус нагнетателя** состоит из двух половин, образующих полость, в которой размещены крыльчатка и диффузор нагнетателя. В приливах корпуса имеются входной канал для подвода смеси от карбюратора к крыльчатке и каналы для выхода смеси из нагнетателя.

Передняя половина корпуса нагнетателя (рис. 9-7) отлита из алюминиевого сплава. На ее боковой поверхности расположены девять бобышек, отлитых за одно целое с лапами крепления двигателя к подмоторной раме самолета. Каждая бобышка имеет патрубок для выхода смеси из полости нагнетателя. В патрубки устанавливаются выпускные трубы. На каждой лапе просверлено отверстие под болт крепления двигателя к подмоторной раме.

Между бобышками по периферии корпуса имеется три отверстия, в которые ввернуты переходные бронзовые футерки с конической резьбой. В отверстие около патрубка цилиндра № 9 устанавливается угольник с распылителем для заливки двигателя бензином перед запуском с помощью ручного шприца. Отверстие, расположенное около патрубка цилиндра № 3, используется для замера давления наддува. Отверстие около патрубка цилиндра № 6 является резервным, оно заглушено пробкой.

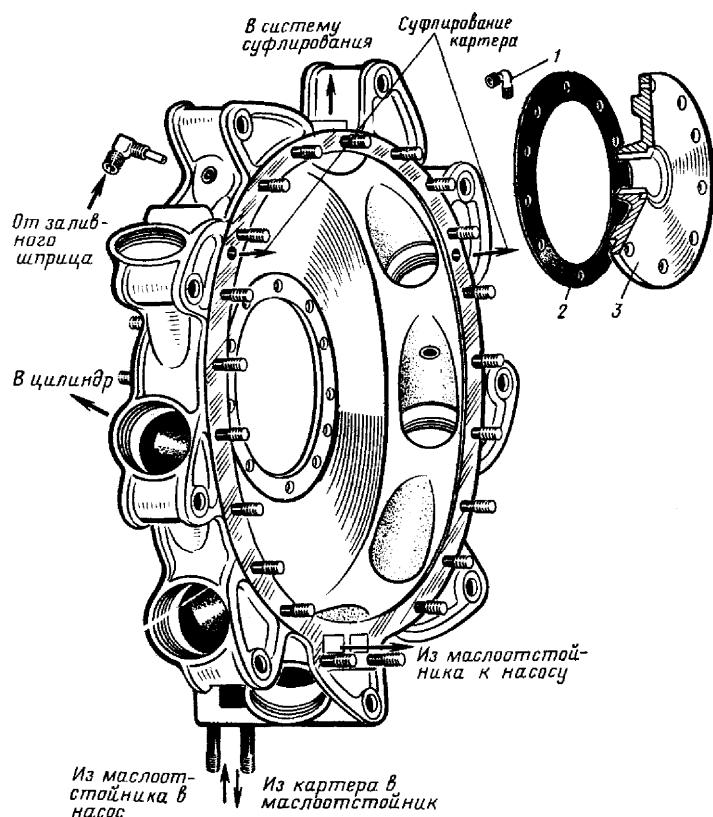


Рис. 9-7. Передняя половина корпуса нагнетателя:

1 — штуцер приемника мановакуумметра; 2 — прокладка; 3 — диск

Для суфлирования картера в стенке передней части корпуса нагнетателя между патрубками цилиндров № 1 и 9 при отливке образована полость, соединенная с полостью среднего картера. На наружном прямоугольном фланце вокруг полости устанавливается суфлер, представляющий собой наклонный патрубок с фланцем. Под суфлер ставится латунная сетка, напаянная на плоский ободок из отожженной меди. С целью уплотнения разъемов под фланец, суфлера и под ободок сетки кладутся паронитовые прокладки.

Для сообщения полостей картера, расположенных перед корпусом нагнетателя, с полостью между задней крышкой картера и корпусом нагнетателя в стенках последнего просверлено два канала (между

патрубками цилиндров двигателя № 2 и 3 и № 8 и 9).

В нижней части передней половины корпуса нагнетателя между цилиндрами № 5 и 6 имеется прилив с фланцем и двумя шпильками для крепления масляного отстойника. В теле этого прилива и в стенках корпуса отливкой образованы два изолированных один от другого канала. По правому каналу масло сливается в отстойник через дефлектор из полости среднего картера и из полости между средним картером и корпусом нагнетателя. Через левый канал, соединенный с левым отверстием на заднем фланце корпуса, масло откачивается из маслоотстойника масляным насосом.

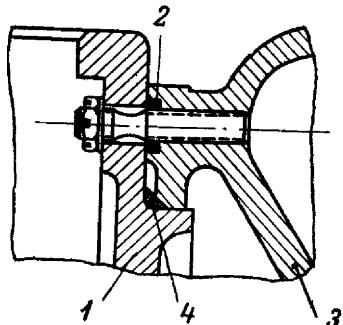


Рис. 9-8. Уплотнение разъема среднего картера и корпуса нагнетателя:

1 — паронитовая прокладка; 2 — маслоуплотнительное кольцо шпильки; 3 — корпус нагнетателя; 4 — резиновое кольцо; 5 — средний картер

Поперечная стенка передней половины корпуса нагнетателя имеет в центре утолщение с центральным отверстием для установки дюралюминиевого диска уплотнения валика крыльчатки нагнетателя. Диск крепится винтами, которые ввертываются в стенку задней половины среднего картера. Между диском и стенкой корпуса ставится паронитовая прокладка. На переднем торце утолщенной части стенки А ниже ее центрального отверстия имеются три прямоугольных паза для слива в маслоотстойник масла, проникающего из полости среднего картера через задний опорный подшипник коленчатого вала.

Уплотнение разъема корпуса нагнетателя и среднего картера обеспечивается паронитовой прокладкой 1 (рис. 9-8) и резиновым кольцом 4. Кроме того, каждая шпилька уплотняется по резьбе надетым на нее резиновым кольцом 2.

Задняя половина корпуса нагнетателя (рис. 9-9) отлита из алюминиевого сплава, в верхней части имеет фланец для установки и крепления переходника карбюратора. Фланец расположен вокруг наклонного канала, образованного при отливке корпуса. По этому каналу смесь от карбюратора подводится к входной части крыльчатки нагнетателя. На левой боковой поверхности имеется прилив с фланцем для установки и крепления фильтра МФМ-25; на правой — прилив с фланцем для установки привода бензинового насоса А и генератора тахометра.

Справа снизу в корпусе сделан канал, в который установлен комбинированный клапан нагнетателя. Для слива бензина из задиффузорного пространства в комбинированный клапан корпус имеет второй, наклонный канал, просверленный со стороны полости нагнетателя до встречи с первым каналом (см. пособие по теме 8).

В нижней части корпуса сделана бобышка с отверстием и фланцем, к которому на двух шпильках крепится труба слива масла в маслоотстойник из полости между корпусом нагнетателя и задней крышкой.

Спереди корпус имеет наружный и внутренний фланцы. У наружного фланца есть отверстия под шпильки крепления и буртик для центрирования половин корпуса нагнетателя. В верхней и нижней частях фланца сделано по два отверстия, совмещенных с соответствующими отверстиями на заднем фланце передней половины корпуса. Через верхние отверстия происходит суфлирование полостей картера. Нижнее правое отверстие закрыто заглушкой, установленной в соответствующее отверстие передней половины корпуса. Нижнее левое отверстие служит для откачки масла из маслоотстойника. Оно является входом в канал коленчатого прилива, расположенного внутри задней половины корпуса нагнетателя за его стенкой.

Соединение половин корпуса нагнетателя уплотняется паронитовой прокладкой. К внутреннему переднему фланцу крепится винтами диффузор. В отверстие центральной бобышки корпуса запрессована стальная цементированная втулка, на которую опираются кольца задней маслоуплотнительной втулки валика крыльчатки нагнетателя.

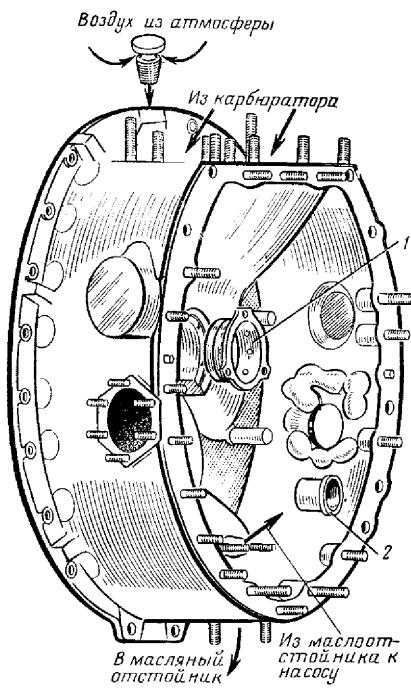


Рис. 9-9. Задняя половина корпуса нагнетателя:

1 — втулка; 2 — стакан

На заднем торце центральной бобышки сделана выточка. В нее устанавливается и крепится винтами с потайной головкой стальная пята под пятника нагнетателя. Ниже бобышки в поперечной стенке корпуса сделано сквозное отверстие, в которое запрессован стальной стакан, являющийся передней опорой оси двойной шестерни привода крыльчатки нагнетателя.

На задней стороне поперечной стенки корпуса имеются четыре бобышки с тщательно обработанными торцами. Они ограничивают продольные перемещения валиков приводов агрегатов, расположенных на задней крышке картера. Продольная канавка в верхней части каждой бобышки служит для подвода масла к ее торцу. На заднем фланце корпуса имеются 18 шпилек и восемь отверстий под болты крепления задней крышки картера, а также два штифта для ее фиксации.

Переходник карбюратора (рис. 9-10) отлит из сплава алюминия. Нижний фланец переходника имеет отверстия под шпильки для крепления его на корпусе нагнетателя: верхний —шпильки для крепления карбюратора. Между переходником и корпусом нагнетателя ставится паронитовая прокладка.

В задней стенке переходника имеются два отверстия с резьбой. Правое отверстие закрыто пробкой, в левое через промежуточную бронзовую втулку устанавливается приемник термометра топливовоздушной смеси.

**Задняя крышка картера** (рис. 9-11) отлита из электрона\* и представляет собой диск с приливами и ребрами жесткости с внутренней стороны и фланцами для крепления агрегатов с внешней стороны. В центре крышки расположен фланец для крепления электроинерционного стартера. Справа и слева от него — фланцы для крепления магнито с расточками под стальное опорное кольцо сальника привода. Ниже фланца левого магнита расположен фланец крепления масляного насоса. На фланце имеются три маслопроводных отверстия: правое верхнее — для откачки масла из маслоотстойника; левое верхнее — для провода масла из нагнетающей ступени маслонасоса в фильтр МФМ-25; крайнее левое — для слива масла из-под задней крышки масляного насоса. Ниже фланца правого магнита расположен фланец для крепления корпуса привода компрессора. Фланец имеет отверстия для подвода масла на смазку компрессора и для слива масла из корпуса его привода в картер

\* Электрон — алюминиево-магниевый сплав, обладающий малым удельным весом и отличными литейными качествами, позволяющими отливать из него детали сложной конфигурации.

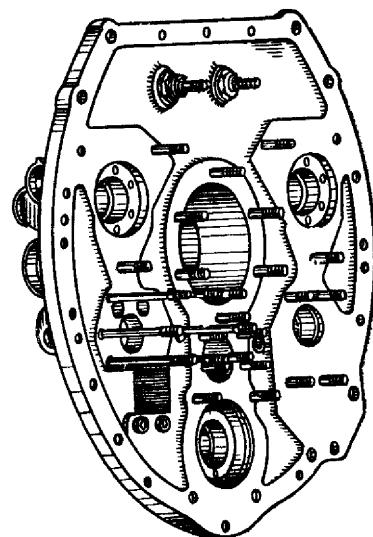


Рис. 9-10. Переходник карбюратора

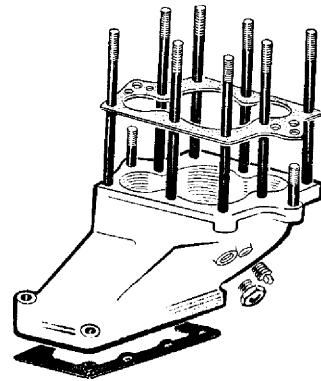


Рис. 9-11. Задняя крышка (вид сзади слева).

. Под фланцем электроинерционного стартера расположен фланец крепления оси двойной шестерни крыльчатки нагнетателя, а ниже его — фланец крепления генератора.

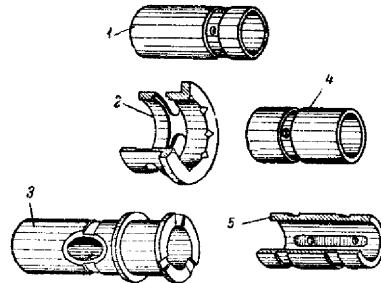


Рис. 9-12. Подшипники валиков привода агрегатов, расположенных на задней крышке:

1 — подшипник валика привода магнето; 2 — центральная втулка задней крышки; 3 — подшипник валика привода бензинового насоса и двойного привода генератора; ,5 — подшипник валика привода маслонасоса

В верхней части крышки ввернуты штуцеры для подвода масла к масляному манометру и для присоединения трубы подвода масла к регулятору оборотов винта.

На передней стороне крышки против фланцев крепления агрегатов расположены бобышки с отверстиями, в которые запрессованы алюминиевые подшипники валиков приводов агрегатов (рис. 9-12). Все подшипники смазываются под давлением. Для слива масла, проникшего через зазоры между подшипниками и валиками к фланцам агрегатов, бобышки имеют в стенках сливные отверстия. Рядом с бобышкой для валика привода генератора расположена бобышка с отверстием, в которую запрессована ось

промежуточной шестерни привода генератора.

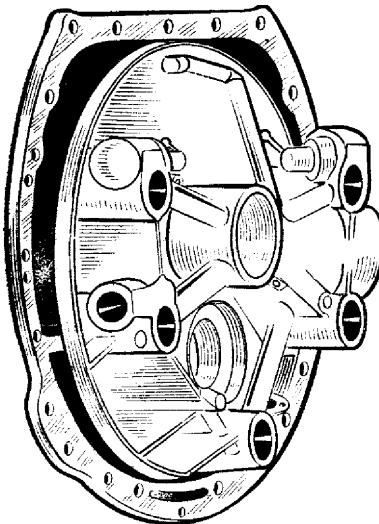


Рис. 9-13. Задняя крышка картера (вид спереди справа)

Между бобышками для валиков приводов масляного насоса и генератора (рис. 9-13) расположен прилив с фланцем и внутренним каналом. По этому каналу масло из маслоотстойника подводится к откачивающей ступени масляного насоса.

Слева между приводами магнето и маслонасоса задняя крышка имеет прилив с камерой, в которую устанавливается масляный фильтр МФМ-25. Камера прилива сообщена каналом с левым верхним отверстием на площадке крепления масляного насоса.

В канале со стороны фланца насоса установлен обратный клапан, отрегулированный на давление 0,5  $\text{kg}/\text{cm}^2$ . Клапан служит для того, чтобы при неработающем двигателе масло не перетекало из бака в картер. В торцовой стенке камеры под фильтр МФМ-25 имеются канал для выхода отфильтрованного масла и засверловка для установки фильтра в строго определенном положении. Для улучшения герметизации стакана фильтра в кольцевой расточке камеры устанавливается резиновое уплотнительное кольцо.

Против фланца крепления электроинерционного стартера на крышке расположена центральная бобышка с осевой расточкой. На поверхности расточки сделана кольцевая канавка, в которую из камеры фильтра ТФМ-25 поступает отфильтрованное масло. В расточку запрессована и закреплена штифтом бронзовая втулка, являющаяся задним подшипником вала привода агрегатов. Внутри втулки сделана кольцевая канавка со сквозными пазовыми отверстиями, расположенными против канавки бобышки.

Из кольцевой канавки бобышки через отверстия втулки и дальше через вал привода агрегатов масло поступает в коленчатый вал двигателя. Из этой же канавки по каналам в приливах задней крышки масло направляется на смазку приводов магнето, топливного насоса и генератора, тахометра, двойного привода и вакуум-насоса (или компрессора).

Масло к приводам маслонасоса и генератора, оси промежуточной шестерни привода генератора, регулятору оборотов и к оси двойной шестерни привода крыльчатки нагнетателя подводится непосредственно из камеры фильтра МФМ-25.

Схема масляных каналов задней крышки дана на рис. 9-14.

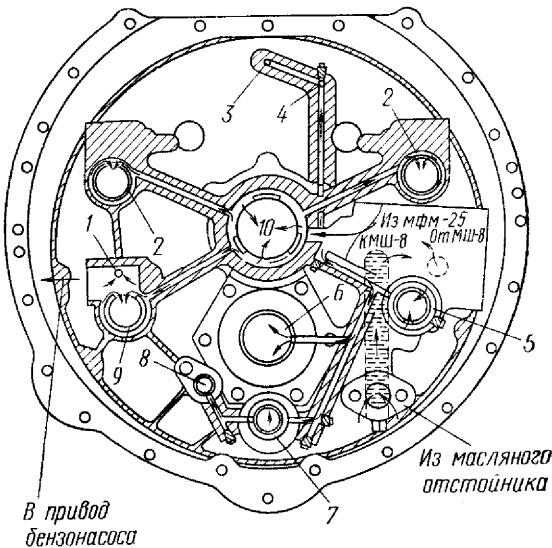


Рис. 9-14. Схема масляных каналов в задней крышки:

1 — центральный подшипник; 2 — подшипник привода магнето; 3 — подвод масла к масляному манометру; 4 — канал подвода масла к приводу РПО; 5 — подшипник привода масляного насоса; 6 — ось двойной шестерни привода крыльчатки нагнетателя; 7 — подшипник привода генератора; 8 — ось промежуточной шестерни привода генератора; 9 — подшипник двойной шестерни привода генератора, магнето, насоса БНК-12БК и компрессора

### 1.3. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ КАРТЕРА

Техническое обслуживание картера сводится к его внешнему осмотру, а также к осмотру соединений всех деталей и агрегатов, установленных на картере во время каждого послеполетного обслуживания и обслуживания через каждые 50 ч работы двигателя. При этом проверяется:

- нет ли трещин на носке картера в месте крепления маслоотстойника;
- не ослабли ли контргайки, гайки или шпильки крепления носка к среднему картеру;
- хорошо ли укреплены труба слива масла из носка в маслоотстойник, привод РПО, направляющие толкателей, цилиндры;
- нет ли трещин на среднем картере у фланцев крепления цилиндров;
- не оборвались ли стяжные болты половин среднего картера и нет ли трещин в лапах крепления двигателя к подмоторной раме;
- надежно ли крепление всех агрегатов на задней крышке и задней половине корпуса нагнетателя;
- не подтекает ли масло из разъемов соединений картера и не выбивается ли топливовоздушная смесь из-под гаек крепления впускных труб.

Наиболее характерным дефектом картера, который в последние годы появляется систематически, являются трещины среднего картера у фланцев крепления цилиндров и у гнезд масляного дефлектора.

При наличии трещин в любой части картера, обрыва стяжных болтов срыва резьбы или обрыва шпилек соединений, частей картера двигатель необходимо снять и направить в ремонт.

Замена частей картера в эксплуатационных условиях не разрешается. Также не разрешается снятие и постановка носка картера или задней крышки для замены деталей редуктора, привода кулачковой шайбы или приводов агрегатов расположенных на задней крышке.

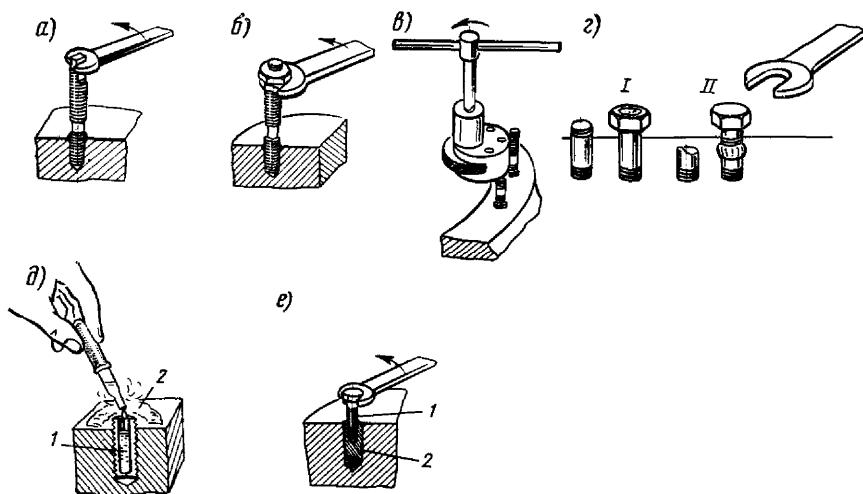


Рис. 9-15. Способы удаления поврежденных и сломанных шпилек:

*a — запиливанием граней на конце шпильки; б — с помощью двух гаек; в — с помощью эксцентрикового приспособления; г — приваркой к шпильке гайки (I) или болта (II); д — вытравливанием азотной кислотой (1 — азотная кислота; 2 — тавом), е — болтом с левой резьбой (1 — болт с левой резьбой; 2 — сломанная шпилька)*

В случае обнаружения вытяжки, обрыва или срыва резьбы шпилек крепления агрегатов, маслоотстойника, направляющих толкателей, переходника карбюратора или цилиндров устанавливаются новые, более полные шпильки.

Поврежденные шпильки удаляют из стенок частей картера одним из способов, указанных на рис. 9-15. После удаления шпильки резьбу под нее в картере прочищают чертилкой, продувают сжатым воздухом\*, подправляют метчиком № 3, после чего снова продувают сжатым воздухом. Новая шпилька должна иметь в картере достаточный натяг по резьбе и выбирается из следующей по сравнению с удаленной шпилькой ремонтной группы шпилек, увеличенных по среднему диаметру резьбы. Выбор новой шпильки производится в соответствии с таблицей ремонтных шпилек (табл. 9-1).

Таблица 9-1.

Группа шпилек	Назначение шпильки	Увеличение среднего диаметра резьбы относительно нормальной, мм	Метка на торце ввертываемого конца шпильки
I	Нормальная	0	—
II	Ремонтная	0,08	Канавка на глубину 0,2—0,4 мм
III	— “—	0,18	Засверловка сверлом Ø3 мм
IV	— “—	0,30	Засверловка на глубину 2,5 мм сверлом Ø 2,5 мм

Правильно подобранная шпилька должна ввертываться от руки не более чем на две нитки резьбы. Ввертываемый конец шпильки смазывается маслом.

Конусные шпильки крепления цилиндров заменяются в следующем порядке. После удаления неисправной шпильки осматривают резьбу в картере. Если резьба имеет повреждения, ее подправляют коническим метчиком М-18. Для подбора новой шпильки по натягу ее необходимо ввернуть в гнездо картера от руки до отказа, после чего промерить, на какую величину шпилька выступает над плоскостью фланца картера (рис. 9-16). Эта величина должна быть равна 33,5—34,5 мм. Если шпилька выступает больше или меньше этой величины, то она не создает требуемого натяга и ее нужно заменить.

\*При вытравливании шпильки азотной кислотой резьба предварительно промывается чистой водой.

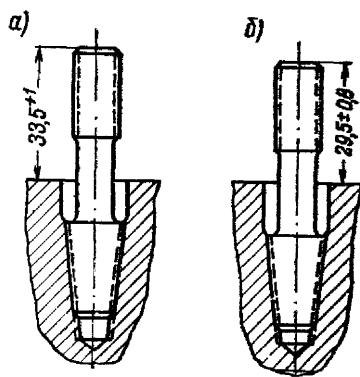


Рис. 9-16. Подбор и установка конусных шпилек крепления цилиндров:  
а — после ввертывания от руки до отказа; б — после окончательной затяжки шпильки

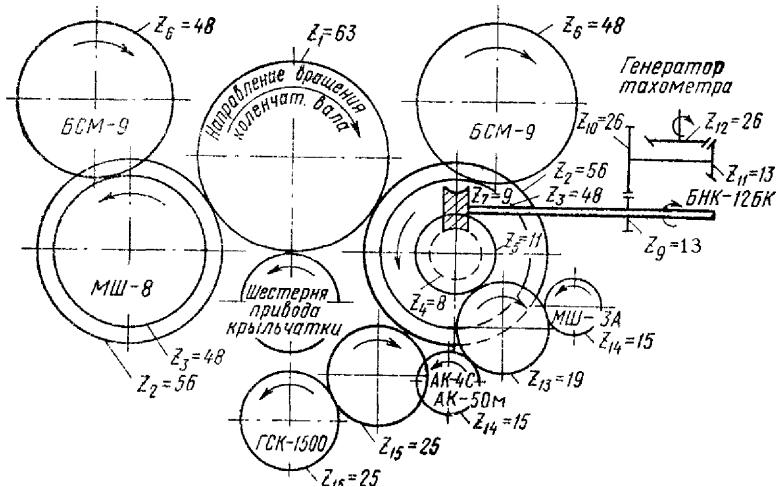
Убедившись, что шпилька выступает на 33,5—34,5 мм, ее вывертывают из гнезда, покрывают резьбу шпильки и резьбу гнезда тонким слоем смеси эмали АЛГ-1 с коллоидным графитом (90% эмали и 10% графита по весу) и сразу же ввертывают шпильку в картер так, чтобы верхний торец ее выступал над фланцем цилиндра на величину  $29,5\pm0,8$  мм. При этом шпилька будет иметь требуемый натяг в резьбе гнезда. Установку цилиндра необходимо производить через несколько часов после постановки шпильки, чтобы успела засохнуть эмаль. Для ускорения ее засыхания фланец можно подогревать воздухом, нагретым до 50—60 °C.

## 2. ПРИВОДЫ АГРЕГАТОВ

### 2.1. СХЕМА И КОНСТРУКЦИЯ ПРИВОДОВ АГРЕГАТОВ

Приводы всех агрегатов, за исключением регулятора оборотов, расположены на задней крышки картера и задней половине корпуса нагнетателя. Схема их приведена на рис. 138. Все приводы получают вращение от эластичной шестерни вала привода агрегатов с числом зубьев  $Z_1=63$  \*. Привод регулятора оборотов расположен на носке картера и приводится во вращение от наружного зубчатого венца ведущей шестерни редуктора.

Привод крыльчатки нагнетателя и конструкция вала привода агрегатов описаны в пособии по теме 8.



## 2.2.ПРИВОД МАСЛЯНОГО НАСОСА

Вращение от коленчатого вала к масляному насосу передается через шестерню вала привода агрегатов и шестерню привода маслонасоса, имеющих соответственно число зубьев  $Z_1=63$  и  $Z_2=56$ . Передаточное

$$\text{число при этом равно: } i = \frac{z_1}{z_2} = \frac{63}{56} = 1,125$$

Таким образом, ведущий валик насоса вращается в 1,125 раза быстрее коленчатого вала по ходу часовой стрелки, если на него смотреть со стороны привода. Такое направление вращения принято считать правым\*.

Привод масляного насоса (рис. 9-18) представляет собой стальную шестерню с двумя цилиндрическими зубчатыми венцами, изготовленную за одно целое с пустотелым валиком. Внутри на заднем конце валик имеет шлицы для соединения со шлицевой муфтой ведущего валика насоса. С передней стороны полость валика закрыта стальной заглушкой, которой он упирается в левую нижнюю подторцовенную бобышку задней половины корпуса нагнетателя. В заглушке просверлено отверстие для слива в картер масла, проникшего во внутреннюю полость валика.

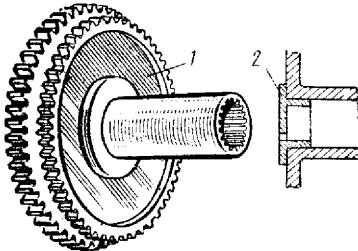


Рис. 9-18. Привод масляного насоса:

1 — шестерня; 2 — заглушка

## 2.3.ПРИВОД ТОПЛИВНОГО НАСОСА И ГЕНЕРАТОРА ТАХОМЕТРА

Вращение от коленчатого вала к топливному насосу передается через две пары шестерен (см. рис. 9-17) с передаточным числом, равным 1. Направление вращения ротора насоса левое.

Передача вращения к генератору тахометра производится через эти же шестерни и еще через две пары (цилиндрическую и винтовую) шестерен привода с общим передаточным числом, равным 0,5. Привод (рис. 9-19) состоит из корпуса 2 с крышкой 7, валика привода топливного насоса 1, двойной шестерни 4, валика привода генератора тахометра 6, сальников валиков 5 и 8.

Корпус привода отлит из магниевого сплава. В шейке его запрессованы две дюралюминиевые втулки — подшипники валика привода топливного насоса. Передняя втулка имеет продольные пазы «а» для прохода масла на смазку привода. Масло из корпуса в картер сливаются через специальное отверстие «б».

Стальной валик привода топливного насоса 1 имеет винтовой зубчатый венец на наружном конце, цилиндрический венец в средней части и отверстие под хвостовик ротора топливного насоса в заднем торце. Зубчатые венцы (конический и цилиндрический) двойной шестерни 4 изготовлены за одно целое. Осью ее является бронзовая втулка 3, тугу посаженная своими концами в стенки корпуса и его крышки. Втулка смазывается маслом, проникающим из полости корпуса привода в зазор между нею и шестерней.

Валик привода генератора тахометра 6 изготовлен за одно целое с конической шестерней. На наружном конце он имеет плоский хвостовик для соединения с гибким валиком. На корпус привода валик опирается через дюралюминиевую опору 9.

\*Направление вращения агрегата определяют, смотря на агрегат со стороны привода. При этом вращение агрегата по ходу часовой стрелки считается правым, против хода часовой стрелки — левым.

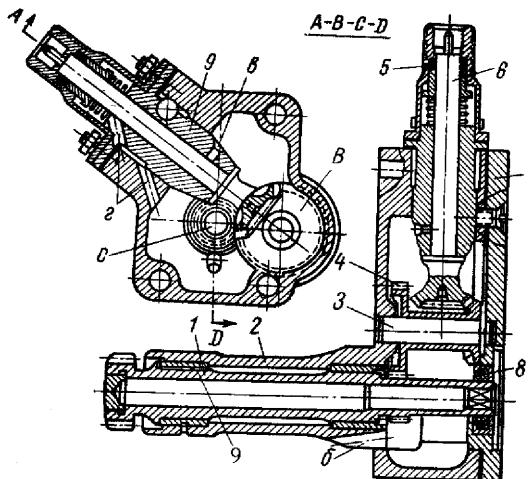


Рис. 9-19. Привод топливного насоса и генератора тахометра:

1 — валик привода топливного насоса; 2 — корпус привода; 3 — ось двойной шестерни; 4 — двойная шестерня; 5 — асбестовый сальник; 6 — валик привода генератора тахометра; 7 — крышка корпуса; 8 — кожаный сальник; 9 — опора валика привода генератора тахометра; а—паз для подвода масла в корпус привода; б—отверстие для стока масла в картер; в—отверстие для подвода масла на смазку валика привода генератора тахометра; г—канал слива масла в корпус привода

Уплотнение валика обеспечивается сальником, состоящим из асбестовой набивки\*, дюралюминиевой втулки и пружины. Пружина через втулку сжимает набивку, заставляя ее плотно прилегать к валику и корпусу сальника.

#### 2.4.ПРИВОДЫ МАГНЕТО

Двигатель снабжен двумя одинаковыми по конструкции приводами магнето. Вращение от коленчатого вала к приводу каждого магнето передается через две пары цилиндрических шестерен (см. рис. 9-12) с передаточным числом 1,125. Направление вращения ротора магнето левое.

Привод магнето (рис. 9-20) состоит из шестерни 2, изготовленной за одно целое с валиком, торцового маслоуплотнительного устройства и плунжера 1. Валик шестерни имеет на заднем конце внутренние шлицы для соединения с валиком ротора магнето через промежуточную шлицевую муфту.

Торцовый маслоуплотнитель привода устранил попадание масла под фланец магнето. Он состоит из стального упорного кольца 3 с гребешками многозаходной левой винтовой резьбы на наружной поверхности, уплотняющего сферического кольца 4 из графитной бронзы и стального опорного кольца 6 со сферической поверхностью, прикрепленного винтами к задней крышке картера.

Упорное кольцо, выполняющее роль маслоотражателя (турбинки), тело (посажено на валик привода и удерживается от проворачивания относительно него шлицами муфты валика ротора. Во время вращения валика оно отбивает своим винтовыми гребешками поступающее к нему масло и направляет его в картер по сливным каналам в бобышке задней крышки. Если масло проникло за маслоотражатель, оно не будет выбивать из-под фланца магнето, так как этому препятствует плотное прилегание сферических поверхностей уплотнительного и опорного колец.

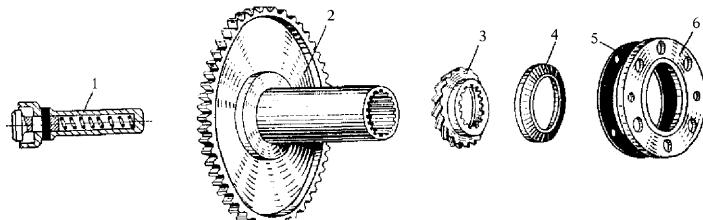


Рис. 9-20. Детали привода магнето:

1 — плунжер; 2 — шестерня с валиком; 3 — упорное кольцо с маслоотражателем; 4 — уплотняющее сферическое кольцо; 5 — прокладка; 6 — опорное кольцо

\*Металлическая набивка из узких тонких полос свинцово-оловянного сплава.

В полость валика привода со стороны переднего конца установлен пружинный плунжер 1. Упираясь в торец бобышки корпуса нагнетателя, головка плунжера сжимает пружину, которая отжимает весь привод назад, обеспечивая постоянный контакт поверхностей уплотнительного и опорного колец.

Под опорное кольцо уплотнителя устанавливается бумажная уплотнительная прокладка 5. Винты крепления опорного кольца контрятся пружинными неразрезными шайбами.

## 2.5.ПРИВОД ГЕНЕРАТОРА

Генератор получает вращение от коленчатого вала через три пары шестерен (см. рис. 9-17) с передаточным числом 2,52. Вращение генератора — правое.

Привод генератора (рис. 9-21) состоит из валика и шестерни, соединенных между собой фрикционной муфтой, и торцевого маслоуплотнительного устройства. Валик привода стальной. На передней части его имеется фланец, перед которым на хвостовике нарезаны мелкие шлицы и резьба для установки и крепления деталей фрикционной муфты. Все эти детали затянуты манжетной гайкой с моментом 7 кгс·м. Наличие фрикционного соединения шестерни с валиком уменьшает ударные нагрузки на зубья шестерен привода при резком изменении числа оборотов. Эти нагрузки велики вследствие массивности ротора генератора.

Маслоуплотнительное устройство привода такое же, как и в приводах магнето, только вместо плунжера здесь предусмотрена пружина 16. Одним концом она опирается через стальную шайбу 15 на заднюю крышку картера, другим — через бронзовое кольцо 17 с хромированной опорной поверхностью на маслоотражатель 18 и через него отжимает назад весь привод.

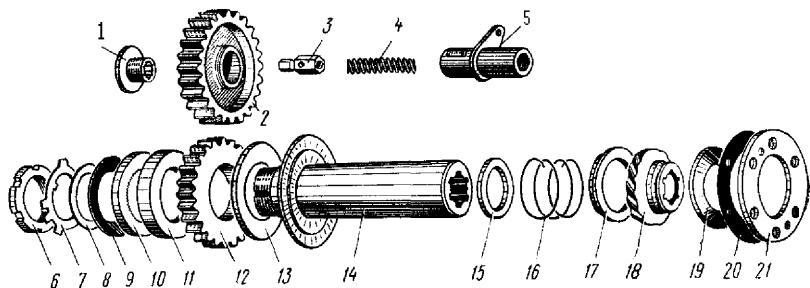


Рис. 9-21. Детали привода генератора:

1 — пробка оси; 2 — промежуточная шестерня; 3 — замок; 4 — пружина замка; 5 — ось промежуточной шестерни; 6 — гайка; 7 — замок; 8 — шайба; 9 — пружинная шайба; 10 — стальной диск; 11 — бронзовое кольцо; 12 — шестерня привода; 13 — бронзовый диск; 14 — валик; 15 — шайба; 16 — пружина; 17 — опорное кольцо пружины; 18 — упорное кольцо с маслоотражателем; 19 — уплотнительное кольцо; 20 — прокладка; 21 — упорное кольцо

Промежуточная шестерня 2 передачи к генератору вращается на стальной оси 5, запрессованной в отверстие бобышки задней крышки.

Внутренняя поверхность втулки оси освинцована. Продольные перемещения шестерни ограничиваются с одной стороны фланцем оси, с другой стороны — круглой пробкой 1, ввернутой в ось на резьбе. Пробка контряится специальным замком 3, аналогичным замку пробки оси двойной шестерни механизма газораспределения. Ось промежуточной шестерни имеет радиальное отверстие и наружную продольную лыску для прохода масла на смазку втулки.

## 2.6.ПРИВОД КОМПРЕССОРА АК-50М

Привод компрессора (рис. 9-22) состоит из корпуса 1, крышки 2, ведущей, промежуточной и ведомой шестерен с числом зубьев соответственно:  $Z_1=11$ ,  $Z_2=19$ ,  $Z_3=15$ .

Передаточное число от коленчатого вала к ведомой шестерне привода составляет 99:120. Направление вращения ведомой шестерни — правое. Корпус привода отлит из магниевого сплава. Имеет два отверстия, в которые установлены бронзовые опорные втулки осей ведущей и промежуточной шестерен и внутренний прилив, являющийся торцевым упором ведомой шестерни. В верхней части корпуса имеется канал «а», в который поступает масло под давлением из канала задней крышки картера. Из канала «а» по каналам

корпуса и крышки 2 масло расходится на смазку передних и задних опор осей шестерен и по каналу «б» поступает на смазку компрессора.

Для слива масла из внутренней полости привода в картер корпус имеет в нижней части сливной канал «в». Схема масляных каналов привода компрессора АК-50М показана на рис. 9-22.

Крышка корпуса 2 отлита из магниевого сплава. Имеет два глухих отверстия с запрессованными в них опорными бронзовыми втулками осей ведущей и промежуточной шестерен и сквозное отверстие в приливе с опорной втулкой оси ведомой шестерни. Прилив имеет фланец с шестью шпильками для установки компрессора.

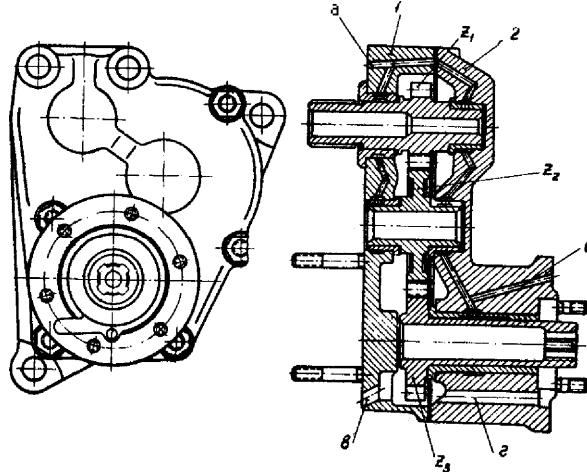


Рис. 9-22. Привод компрессора АК-50М:

1 — корпус; 2 — крышка; а — входной масляный канал; б — канал подвода масла компрессору; г, в — сливные каналы; Z<sub>1</sub> — ведущая шестерня; Z<sub>2</sub> — промежуточная шестерня; Z<sub>3</sub> — ведомая шестерня

Канал «в» крышки служит для слива масла из корпуса компрессора в картер.

Разъем корпуса и крышки уплотняется паронитовой прокладкой. Взаимное центрирование их обеспечивается двумя штифтами. Разъемы между корпусом привода и задней крышкой картера, между крышкой привода и корпусом компрессора также уплотняются паронитовыми прокладками.

## 2.7.ПРИВОД РЕГУЛЯТОРА ОБОРОТОВ

На двигателе установлен привод регулятора оборотов с коническими шестернями. Вращение к ведущему валику регулятора (рис. 9-23) передается от наружного зубчатого венца 1 ведущей шестерни редуктора со 146 зубьями через пять шестерен привода с передаточным числом 1,114. Направление вращения валика — левое.

Конструкция деталей привода показана на рис. 9-24. Привод состоит из корпуса, шестерен и сетчатого фильтра.

Корпус привода отлит из сплава магния. В поперечных стенках корпуса расточено три соосных отверстия. В отверстия задних стенок запрессованы бронзовые втулки 9, являющиеся опорными подшипниками ведущей конической шестерни 5 с 14 зубьями. Отверстие в передней стенке служит для монтажа ведущей конической шестерни и закрывается крышкой 10.

На боковых стенках корпуса имеется по одной бобышке с отверстиями, в которые устанавливаются крышки 8 и 12, являющиеся опорными подшипниками ведущей шестерни, выполненной за одно целое с валиком, и правой ведомой шестерни 4 с 26 зубьями.

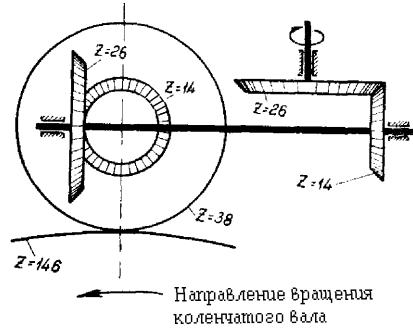


Рис. 9-23. Схема привода регулятора оборотов

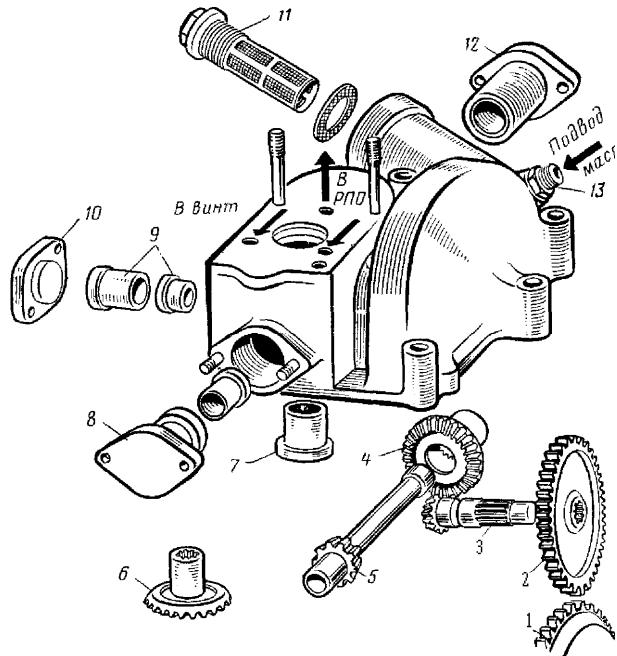


Рис. 9-24. Детали привода регулятора оборотов:

1 — ведущая шестерня редуктора; 2 — ведущая цилиндрическая шестерня привода; 3 — ведущая коническая шестерня; 4 — ведомая шестерня; 5 — ведущая шестерня с валиком; 6 — ведомая шестерня; 7 — втулка; 8 — крышка ведомой шестерни; 9 — втулки ведущих шестерен; 10 — крышка корпуса; 11 — фильтр;  
12 — крышка ведомой шестерни; 13 — штуцер подвода масла

В средней части со стороны внутренней полости корпус имеет вертикальную бобышку с отверстием, в которое запрессована бронзовая втулка 7. Она служит опорным подшипником верхней ведомой конической шестерни 6 с 26 зубьями. С этой шестерней через промежуточную шлицевую муфту соединяется ведущий валик регулятора оборотов.

С правой стороны в корпусе имеется наклонный прилив, в полости которого помещен сетчатый фильтр 11 для очистки масла, поступающего к регулятору оборотов. В гнезде прилива на конической резьбе установлен штуцер 13 для присоединения трубки подвода масла к регулятору оборотов.

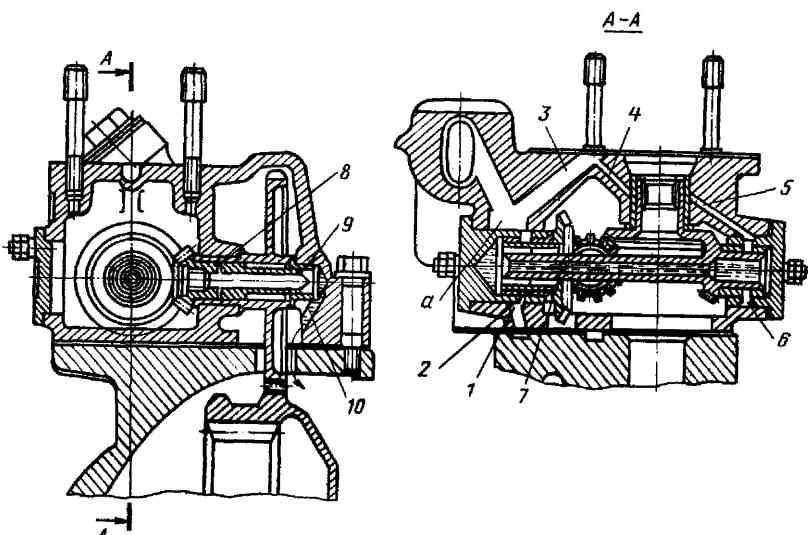


Рис. 9-25. Схема масляных каналов в приводе регулятора оборотов

В стенках корпуса привода сделаны каналы для подвода масла к регулятору оборотов, в носок картера (к направляющим толкателей), к подшипникам шестерен и каналы для прохода масла от регулятора оборотов в винт.

**Циркуляция масла в приводе регулятора оборотов** (рис.9-25). К приводу регулятора оборотов масла подводится из полости фильтра МФМ-25 по внешней трубке. Через сетчатый масляный фильтр привода масло поступает в полость «*a*» его корпуса вокруг правой опоры, откуда направляется:

— по каналу 1 в нижней стенке корпуса привода - в наклонный канал носка картера и к направляющим толкателей верхних цилиндров;

— через радиальное отверстие 2 правой крышки - на смазку шейки правой ведомой конической шестерни;

— по наклонному каналу 3 и через правое отверстие на верхнем фланце корпуса - к насосу регулятора оборотов; из этого же канала по каналу 4 в корпусе привода масло поступает к кольцевой выточке внутри вертикальной бобышки, откуда по радиальному отверстию втулки подводится на смазку шейки верхней ведомой шестерни и по каналу 5 - к наружной кольцевой выточке левой крышки; отсюда через радиальное отверстие 6 в крышке масло поступает на смазку шейки левой ведомой конической шестерни.

Через зазоры между крышками и шейками правой и левой ведомых шестерен масло проходит во внутреннюю полость валика, откуда через поперечное отверстие 7 сливается в переднюю полость привода. Высота уровня масла в этой полости такова, что зубья шестерен постоянно находятся в масле. Она определяется расположением специального отверстия диаметром 12 мм, предусмотренного в средней вертикальной стенке корпуса привода. Через него избыток масла из передней полости сливается в заднюю полость и через паз носка картера под ведущую шестерню привода — в картер.

К подшипникам валика ведущей конической и цилиндрической шестерен масло поступает через радиальные отверстия 8 и 9 из внутренней полости валика.

В эту полость масло поступает из кольцевой выточки в гнезде крышки правой ведомой шестерни,

Масло, проникшее к заднему торцу валика, сливается в картер двигателя по каналу 10 в корпусе привода и через окна в его нижнем фланце.

В механизм воздушного винта масло поступает от РПО по двум сквозным каналам в корпусе привода (см. рис. 9-24).

### 3. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ПРИВОДОВ АГРЕГАТОВ

Техническое обслуживание всех приводов агрегатов заключается в систематической проверке надежности их крепления, состояния прокладок между корпусами приводов и картером, герметичности соединений. Кроме того, периодически через каждые 100 ч работы двигателя производится осмотр и промывка бензином фильтра привода регулятора оборотов.

К числу наиболее характерных неисправностей приводов агрегатов, встречающихся в процессе

эксплуатации двигателя, относится разрушение фрикционной муфты привода генератора. Причина — заедание или разрушение переднего подшипника ротора генератора. В обоих случаях во время работы двигателя происходит непрерывное проскальзывание шестерни привода относительно валика, в результате чего детали фрикционной муфты перегреваются и разрушаются. В первую очередь разрушается заднее бронзовое кольцо муфты.

Определяется неисправность по отказу в работе генератора. Для устранения неисправности двигатель необходимо направить в ремонт.

## ГЛАВА 10. МАСЛЯНАЯ СИСТЕМА ДВИГАТЕЛЯ АШ-62ИР.

### 1. НАЗНАЧЕНИЕ МАСЛЯНОЙ СИСТЕМЫ

Назначение масляной системы двигателя — обеспечить надежную смазку и охлаждение его деталей и управление воздушным винтом. Масляная система должна подавать масло к трущимся деталям в достаточном количестве и откачивать масло, скапливающееся в отстойнике. Другими словами, она должна обеспечивать непрерывную циркуляцию масла через двигатель.

Масляная система состоит из внутренней системы (система смазки и управления воздушным винтом), включающей все элементы, смонтированные на двигателе, и внешней системы, включающей все элементы, установленные на самолете вне двигателя.

### 2. СПОСОБЫ СМАЗКИ ДВИГАТЕЛЯ АШ-62ИР

Все трущиеся поверхности деталей двигателя смазываются одним из трех способов:

1. Под давлением — масло под давлением поступает непосредственно на трущиеся поверхности по специальным каналам в деталях.

2. Направленной струей, когда масло под давлением фонтанирует из специальных отверстий в строго определенном направлении и обильно покрывает трущиеся поверхности деталей, смазывая их и охлаждая.

3. Барботажем или разбрзгиванием мелко распыленного масла на трущиеся поверхности. Разбрзгивание производится коленчатым валом и другими вращающимися деталями двигателя, расположеннымными в картере. При этом все свободное пространство внутри картера наполняется мельчайшими капельками масла (масляным туманом), которые проникают в зазоры между трущимися поверхностями или оседают на них.

Маслом под давлением смазываются все подшипники скольжения, за исключением втулок верхних головок шатунов и подшипники качения рычагов клапанов верхних цилиндров (первого, второго и девятого, клапана впуска восьмого и клапана впуска третьего цилиндров).

Направленной струей смазываются и охлаждаются трущиеся поверхности цилиндро-поршневой группы и шестерни редуктора.

Менее требовательные к смазке подшипники качения (два коренных роликовых коленчатого вала и один упорный шариковый вала винта) и зубчатые зацепления шестерен всех приводов смазываются способом барботажа.

Подшипники качения рычагов клапанов нижних цилиндров смазываются маслом, поступающим к ним из картера самотеком по зазорам между толкательями и их направляющими.

### 3. ЦИРКУЛЯЦИЯ МАСЛА ВО ВНУТРЕННЕЙ МАСЛЯНОЙ СИСТЕМЕ ДВИГАТЕЛЯ

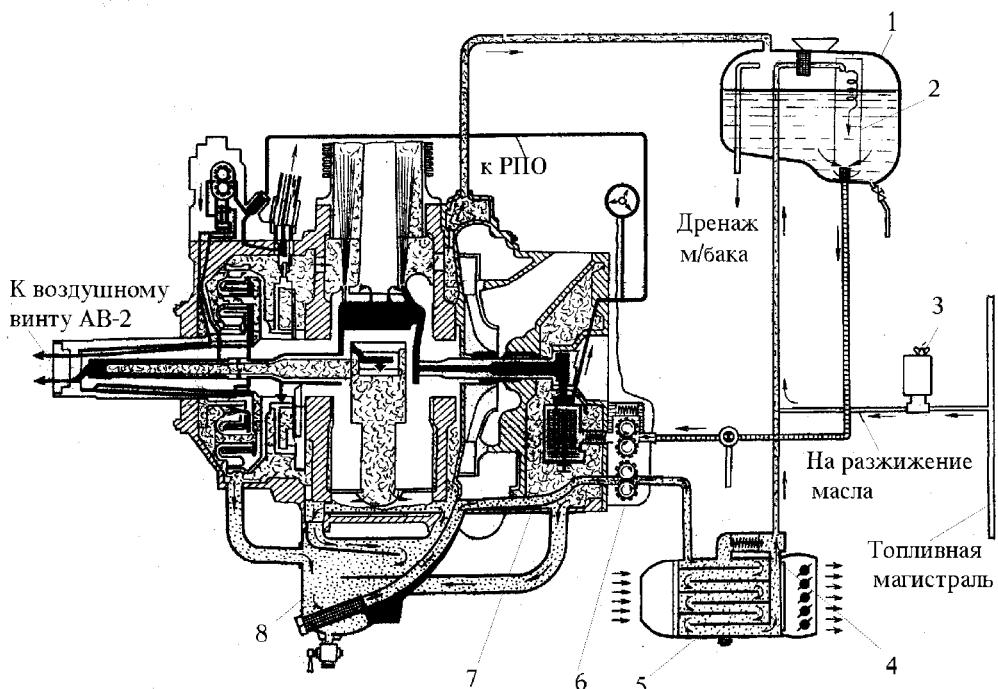


Рис. 10-1. Масляная система двигателя АШ-62:

1- маслобак; 2- циркуляционный колодец; 3- кран разжижения масла ЭРК-3; 4- предохранительный клапан; 5- масляный радиатор; 6- масляный насос МШ-8М; 7- фильтр МФМ-25; 8- масляный отстойник

Циркуляция масла в двигателе обеспечивается масляным насосом МШ-8М. Из маслобака самолета по трубопроводу масло подводится к входному штуцеру насоса, входит в его нагнетающую ступень, откуда под давлением  $5\text{-}6 \text{ кгс}/\text{см}^2$  поступает в канал задней крышки картера. Отжимая шарик перепускного клапана, отрегулированного на давление  $0,5 \text{ кгс}/\text{см}^2$ , масло входит в полость фильтра МФМ-25 и очищается в нем от механических примесей.

После выхода из фильтра масло расходится в трех направлениях:

1. По каналу задней крышки — в кольцевую канавку ее центральной бобышки; отсюда масло поступает (рис. 10-1):

— в главную магистраль двигателя — через отверстия центрального подшипника задней крышки и вал привода агрегатов;

— на смазку приводов агрегатов, расположенных на задней крышке и задней половине корпуса нагнетателя (см. пособие по теме 9);

2. По каналу в нижней части прилива для фильтра МФМ-25 — на смазку подшипников валиков приводов масляного насоса и генератора, оси промежуточной шестерни привода генератора и оси двойной шестерни привода крыльчатки нагнетателя.

3. По каналу в верхнем приливе задней крышки картера — к штуцерам для присоединения трубы масляного манометра и трубы наружного подвода масла к приводу РПО. В приводе это масло расходится в трех направлениях: к регулятору оборотов, к опорным втулкам шестерен привода и к направляющим толкателей верхних цилиндров (см. пособие по теме 9).

Из внутренней полости вала привода агрегатов через его радиальное отверстие масло поступает на смазку втулок валика крыльчатки и подпятника нагнетателя.

Основная доля масла из полости вала привода агрегатов поступает во внутреннюю полость задней коренной шейки коленчатого вала, откуда по каналу в его задней щеке — в полость шатунной шейки. Из этой полости масло выходит в трех направлениях:

1) по двум сепараторным трубкам — на лыску шатунной шейки для смазки втулки главного шатуна и пальцев прицепных шатунов (см. пособие по теме 5);

2) через отверстие диаметром 1,3 мм в болте крепления заглушки внутренней полости шатунной шейки и жиклер диаметром 1 мм, запрессованный в заднюю часть шатунной шейки, — на смазку трущихся поверхностей деталей цилиндрово-поршневой группы; это масло непрерывно фонтанирует на гильзы цилиндров и поршни, обеспечивая их дополнительное охлаждение;

3) по каналу в передней щеке коленчатого вала — в кольцевую полость между носком вала и запрессованным в него электронным стаканом, откуда масло выходит через три радиальных отверстия в носке коленчатого вала и направляется на смазку привода механизма газораспределения и редуктора (см. пособие по теме 5).

Через первое от щеки отверстие в носке коленчатого вала масло подводится на смазку оси двойной шестерни привода механизма газораспределения, а через второе отверстие поступает на смазку втулки кулачковой шайбы (см. пособие по теме 7).

Из третьего от щеки отверстия носка коленчатого вала масло поступает в механизм редуктора для смазки опорных подшипников вала винта, подшипников сателлитов и зубьев шестерен. Зубья шестерен редуктора смазываются и охлаждаются маслом, фонтанирующим под давлением из каналов лап вала винта.

Циркуляция масла в механизме редуктора описана в пособии по теме 6.

Смазка подшипников рычагов клапанов впуска и выпуска цилиндров № 1, 2, 9, клапана впуска цилиндра № 8 и клапана выпуска цилиндра № 3 производится маслом, поступающим к ним под давлением из привода регулятора оборотов через наклонный канал носка картера.

Путь масла от привода РПО к подшипникам рычагов этих клапанов описан в пособии по теме 7.

Смазка приводов агрегатов, расположенных на задней крышке и смазка привода регулятора оборотов, рассмотрены в пособии по теме 9.

#### 4. ПОДВОД МАСЛА ОТ РЕГУЛЯТОРА ОБОРОТОВ В ВИНТ

Из регулятора оборотов масло поступает в винт по двум изолированным одна от другой магистралям. Для примера разберем путь масла от РПО в винт, когда на двигателе установлены регулятор оборотов Р-9СМ2 и воздушный винт АВ-2.

Если на двигателе установлены регулятор оборотов РВ-101 и винт АВ-2Р, то масло от РПО в полость малого шага и на вывод винта из резервуара идет по тем же каналам, по которым оно идет от регулятора Р-9СМ2 в полость большого шага винта. По другим каналам оно идет на ввод винта в реверс.

Для уменьшения шага винта масло под повышенным давлением поступает из регулятора оборотов в левый передний канал корпуса его привода, откуда по левому вертикальному каналу носка картера и через нижнее отверстие на внутреннем фланце ступицы носка входит в передний канал неподвижной шестерни редуктора. Через переднее отверстие на внутренней поверхности осевой расточки шестерни масло поступает в кольцевую полость между двумя передними рядами маслоуплотнительных колец распорной втулки упорно-опорного подшипника вала винта и по переднему отверстию его — внутрь вала в кольцевую полость между валом винта и запрессованной в него гильзой. Из этой полости по продольным канавкам на

наружной поверхности передней шейки гильзы, через отверстия во фланце передней втулки вала винта масло входит в кольцевой паз маслораспределительной втулки и через ее трубку меньшего диаметра поступает в полость малого шага винта.

Для увеличения шага винта масло из регулятора оборотов по левому заднему каналу корпуса его привода поступает в подковообразную канавку на фланце носка картера, откуда по правому вертикальному каналу носка через верхнее отверстие на внутреннем фланце его ступицы входит в задний канал неподвижной шестерни редуктора. Из этого канала через два отверстия масло поступает в кольцевую полость между двумя задними рядами маслоуплотнительных колец распорной втулки упорно-опорного подшипника вала винта. Через радиальные отверстия втулки, заднюю кольцевую канавку на ее внутренней поверхности и по его заднему радиальному отверстию масло входит в переднюю внутреннюю кольцевую канавку задней опорной втулки вала винта, откуда через переднее радиальное отверстие носка коленчатого вала поступает в кольцевую полость между носком вала и запрессованной в него стальной трубкой. Из этой полости через радиальные отверстия передней опоры трубы масло поступает в полость между кольцами маслораспределительной втулки, а затем через радиальные отверстия втулки — в ее внутреннюю полость, откуда по ее трубке большого диаметра поступает в полость большого шага винта. Из полостей малого и большого шага винта масло поступает к регулятору оборотов по тем же каналам, по которым оно к ним подводится, и сливается в картер через регулятор оборотов, его привод и паз на фланце носка картера.

## 5. ОТКАЧКА МАСЛА ИЗ ДВИГАТЕЛЯ

Все отработавшее масло стекает в нижнюю часть картера (см. рис. 10-1), откуда оно сливается в масляный отстойник следующими путями:

- из носка картера — по сливной трубе и каналу в приливе носка картера для крепления маслоотстойника;
- из среднего картера — через масляный дефлектор;
- из полости между средним картером и корпусом нагнетателя — по каналу в нижней части фланца передней половины корпуса нагнетателя;
- из полости приводов агрегатов — по сливной трубе.

Из масляного отстойника масло проходит через сетчатый фильтр, а затем по каналам в приливах корпуса нагнетателя и задней крышки картера поступает в насос МШ-8 и откачивается им во внешнюю масляную систему двигателя.

Двигатель АШ-62ИР имеет масляную систему с так называемым «сухим картером». Это означает, что при нормальных условиях работы масляной системы масло в картере не скапливается и всегда полностью сливается в отстойник. В отстойнике остается обычно около 2—3 л масла.

## 6. ЦИРКУЛЯЦИЯ МАСЛА ВО ВНЕШНÉЙ МАСЛЯНОЙ СИСТЕМЕ ДВИГАТЕЛЯ

Проходя через двигатель, масло нагревается на 30—40°, насыщается воздухом, а также газами и парами бензина, прорывающимися в картер из цилиндра. Кроме того, в масле имеется свободный воздух в виде воздушных пузырей, находящихся во взвешенном состоянии. Поэтому практически в отстойник двигателя сливается и из него откачивается во внешнюю масляную систему не масло, а воздушно-масляная эмульсия.

К нагнетающей ступени насоса должно быть подведено масло, по возможности освобожденное, от воздуха, потому что наличие в масле воздушных пузырей уменьшает производительность и высотность нагнетающей ступени насоса, ухудшает смазку подшипников вследствие местных разрывов масляной пленки, ухудшает охлаждающую способность масла, работу регулятора оборотов и воздушного винта\*.

Таким образом, во внешней масляной системе необходимо не только охладить все циркулирующее через двигатель масло и восполнить его количество, сгоревшее в цилиндрах, но и обеспечить удаление из масла воздушных пузырей, газов и паров бензина.

Основными элементами внешней масляной системы двигателя (см. рис. 10-1) являются масляный радиатор, масляный бак и трубопроводы, соединяющие их между собой и с масляным насосом.

Из откачивающей ступени масляного насоса по трубопроводу масло поступает в радиатор, проходит по каналам между его сотами и охлаждается воздухом, проходящим через соты. При нормальных рабочих температурах масла давление его в трубопроводе между насосом и радиатором и в самом радиаторе не превышает 1—3  $\text{kgs}/\text{cm}^2$ . Если же масло холодное, то его давление, особенно в момент запуска двигателя, резко возрастет из-за увеличения гидравлических сопротивлений в радиаторе и может достичь на короткий промежуток времени 15  $\text{kgs}/\text{cm}^2$  и выше. Чтобы это не привело к разрыву радиатора или не вызвало срыва дюритовых шлангов со штуцеров радиатора и масляного насоса, на радиаторе устроен предохранительный клапан, отрегулированный на давление 4  $\text{kgs}/\text{cm}^2$ . Когда давление масла поднимается выше 4  $\text{kgs}/\text{cm}^2$ , клапан открывается и масло поступает в масляный бак, минуя соты радиатора и не охлаждаясь. Клапан не только предохраняет от разрушения радиатор, но и способствует более быстрому

\*На входе в насос из бака масло обычно содержит около 8% (по объему) растворенного и от 2 до 12% взвешенного воздуха.

прогреву масла, циркулирующего через двигатель.

В результате прогрева масла его вязкость, а следовательно, и гидравлическое сопротивление в радиаторе уменьшаются, давление понижается и клапан закрывается. Все масло начинает проходить через каналы между сотами и охлаждается.

Требуемая температура масла на входе в двигатель поддерживается специальными заслонками, регулирующими количество подводимого к радиатору охлаждающего воздуха.

Из радиатора масло поступает в масляный бак, являющийся резервной емкостью масляной системы. Кроме того, в баке имеются устройства, частично отделяющие от масла воздух, газы и пары бензина.

Таким устройством в маслобаке самолета Ан-2 является циркуляционный колодец.

Масло, поступающее в бак, из радиатора, входит в циркуляционный колодец по касательной к его внутренней поверхности и получает вращательное движение, перемещаясь по нему сверху вниз.

Под действием центробежных сил масло отбрасывается к стенкам колодца, а более легкие пары бензина, газ и воздух собираются в его средней части и выходят в воздушную полость бака.\*.

Из колодца масло поступает к выходному штуцеру, соединяясь по пути к нему со свежим маслом из основной емкости бака. Перед выходом из бака масло проходит через сетчатый фильтр грубой очистки.

Кроме пеногашения, циркуляционный колодец позволяет добиться и других существенных преимуществ. Во-первых, благодаря тому, что через двигатель циркулирует не весь запас масла, имеющийся в баке, а лишь его часть, находящаяся в колодце, сокращается время прогрева масла после запуска двигателя и, следовательно, время подготовки самолета к полету. Во-вторых, вредному действию нагрева до высоких температур, загрязнению и вспениванию подвергается только часть масла, циркулирующая через двигатель. Так как объем этого масла сравнительно мал, то оно быстро расходуется и постепенно заменяется свежим из основной емкости бака, не принимавшим участия в циркуляции.

Бак заполняется маслом настолько, чтобы в верхней его части имелась воздушная полость. Воздушная полость масляного бака сообщена суфлирующими трубопроводами с внутренней полостью картера, а дренажной трубой — с атмосферой.

Наличие воздушной полости предотвращает вытекание масла через дренажный трубопровод вследствие увеличения его объема, когда масло нагревается и вспенивается.

Работа всей масляной системы двигателя контролируется по показаниям манометра, расположенного в нагнетающей магистрали, и термометра входящего масла. Приемник манометра устанавливается на задней крышке картера. Приемник термометра входящего масла находится на насосе МШ-8М в полости входа масла в его нагнетающую ступень. Кроме этого, на носке картера имеются два гнезда с конической резьбой, закрытые пробками. В них могут быть установлены манометры для замера давления масла, поступающего от РПО в механизм винта (левое гнездо) и к направляющим толкателей верхних цилиндров (правое гнездо).

## 7. СУФЛИРОВАНИЕ ДВИГАТЕЛЯ

В результате нагрева двигателя повышается давление воздуха и паров масла в картере. Кроме того, повышение давления в картере происходит за счет прорыва в него газов из цилиндров, особенно в случае износа поршневых колец.

Повышение давления внутри картера приводит к снижению мощности двигателя из-за увеличения противодействия ходу поршней в тактах впуска и рабочего хода, а также вызывает течь масла из мест разъемов частей картера. Чтобы предотвратить повышение давления, все внутренние полости картера, кроме полости нагнетателя, сообщаются между собой и через суфлер — с атмосферой. Суфлер устанавливается на той полости картера, в которой имеется меньше всего завихрений. К суфлеру присоединяется суфлерная трубка, выходящая в воздушное пространство масляного бака. При этом суфлирование картера и дренаж масляного бака производятся совместно через дренажную трубку бака\*\*.

## 8. АГРЕГАТЫ МАСЛЯНОЙ СИСТЕМЫ ДВИГАТЕЛЯ

Агрегаты внешней масляной системы двигателя — радиатор, масляный бак и другие — входят в конструкцию самолета, поэтому ограничимся лишь теми общими сведениями о них, которые даны в предыдущих разделах. Основными агрегатами внутренней масляной системы двигателя являются: масляный насос МШ-8М, масляный фильтр МФМ-25 и масляный отстойник.

\*На самолетах Ан-2 в циркуляционном колодце происходит незначительное отделение воздуха от масла. Это объясняется малой скоростью масла на входе в колодец, вследствие чего его вращательное движение в колодце быстро затухает: масло делает не более 1,5—2 оборотов.

\*\* На самолетах Ан-2 до 36-й серии суфлирование картера двигателя производилось непосредственно в атмосферу.

### 8.1. МАСЛЯНЫЙ НАСОС МШ-8М

Масляный насос МШ-8М (рис. 10-2) предназначен для обеспечения постоянной циркуляции масла через двигатель. Насос шестеренчатого типа, имеет две ступени — нагнетающую и откачивающую. Нагнетающая ступень подает необходимое количество масла из масляного бака в двигатель под давлением 5—6 кгс/см<sup>2</sup>, а откачивающая — откачивает все масло из маслоотстойника двигателя в масляный бак.

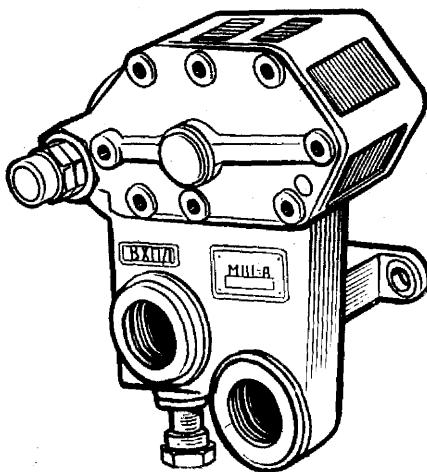


Рис. 10-2. Масляный насос МШ-8М

#### Основные технические данные масляного насоса МШ-8М

Производительность насоса при числе оборотов ведущего вала насоса 2475 в минуту и температуре масла 80—90°, л/мин:

нагнетающей ступени:

при заглушенном редукционном клапане ..... около 70  
при регулировке редукционного клапана на давление масла 5,5 кгс/см<sup>2</sup> ..... 17—20

откачивающей ступени ..... не менее 70

Число оборотов ведущего вала насоса, об/мин:

минимальное ..... 560

максимальное ..... 2900

Направление вращения вала насоса ..... правое

Передаточное число от коленчатого вала к валу насоса ..... 1,125

Сухой вес насоса, г ..... 3560

#### 8.1.1. Принцип работы масляного насоса

Каждая ступень масляного насоса состоит из двух сцепленных между собой шестерен, получающих вращение от ведущего вала насоса, соединенного с валом привода двигателя. Шестерни каждой ступени помещены в изолированных одна от другой камерах корпуса насоса. Камера нагнетающей ступени сообщена с одной стороны с полостью корпуса, в которую подводится масло из маслобака, с другой стороны — с каналом подвода масла в двигатель. Камера откачивающей ступени сообщена с каналом для подвода к ней масла из маслоотстойника двигателя и с полостью, через которую масло отводится в масляный радиатор.

При вращении шестерен (рис. 10-3) на входе в камеру каждой ступени создается разрежение, под действием которого к ним подходит масло из масляного бака и из отстойника. Оно заполняет впадины между зубьями шестерен и переносится в них по направлению вращения шестерен.

Перед выходными окнами зубья шестерен входят в зацепление, выжимают масло из впадин и направляют его в выходные каналы. Часть масла перетекает через торцовые и радиальные зазоры между шестернями и корпусом обратно во входные каналы. Количество перетекающего масла для нагнетающей ступени обычно составляет 8-12% от ее производительности.

Давление масла в выходном канале каждой ступени насоса определяется сопротивлениями, которые препятствуют выходу из него масла. Для откачивающей ступени главным из этих сопротивлений является масляный радиатор.

Повышение давления масла в выходном канале нагнетающей ступени насоса обусловлено малыми проходными сечениями каналов двигателя, по которым оно вытекает в картер после смазки деталей. Величина этого давления также зависит от вязкости масла, число оборотов коленчатого вала и величины зазоров в подшипниках скольжения двигателя.

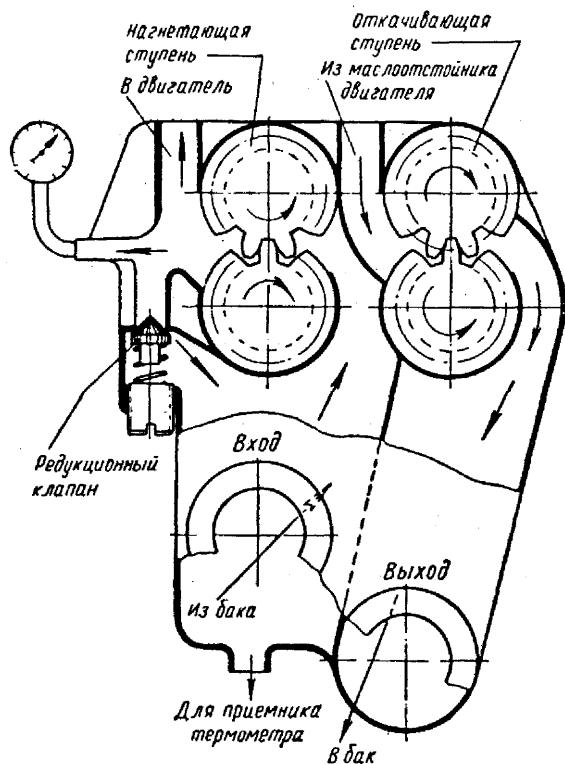


Рис. 10-3. Схема работы масляного насоса МШ-8М

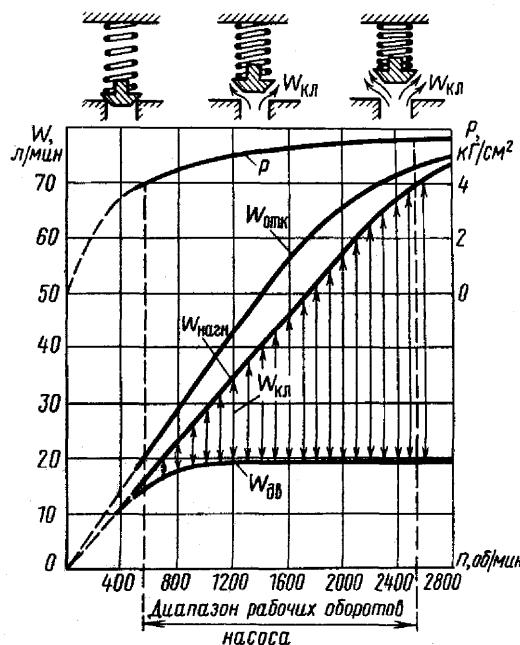


Рис. 10-4. Зависимость производительности насоса МШ-8М от числа оборотов:  
 $W_{нагн}$  – производительность нагнетающей ступени насоса при заглушенном редукционном клапане;  
 $W_{отк}$  – производительность откачивающей ступени насоса  
 $W_{кл}$  – перепуск масла через редукционный клапан;  
 $W_{дб}$  – прокачка масла через двигатель при давлении 5,5 кгс/см<sup>2</sup>;  
 $P$  – давление масла в выходном канале из нагнетающей ступени насоса.

Нормальная смазка двигателя и работа регулятора оборотов и воздушного винта обеспечиваются при давлении масла на выходе из нагнетающей ступени насоса 5–6 кгс/см<sup>2</sup>. Для поддержания в масляной магистрали двигателя постоянного давления в случае изменения числа оборотов коленчатого вала, вязкости масла и высоты полета в насосе предусмотрен редукционный клапан, установленный на выходе из нагнетающей ступени. Пружина клапана оттарирована на определенное давление. Если давление в нагнетающей магистрали становится больше силы упругости пружины, то клапан открывается и перепускает избыток масла во входной канал нагнетающей ступени насоса.

Производительность нагнетающей и откачивающей ступеней насоса МШ-8 при постоянной вязкости масла изменяется прямо пропорционально числу оборотов. (См. рис. 10-4).

Размеры шестерен нагнетающей ступени подобраны таким образом, что ее производительность  $W_{\text{наг}}$  во всем диапазоне рабочих оборотов коленчатого вала значительно больше количества масла  $W_{\text{дв}}$ , которое в состоянии пропустить нагнетающая магистраль двигателя при давлении  $5,5 \text{ кгс}/\text{см}^2$ . Поэтому работа двигателя на всех режимах сопровождается перепуском масла через редукционный клапан.

Количество масла, перепускаемого через редукционный клапан  $W_{\text{кл}}$ , показано на рис. 10-4 вертикальной штриховкой. Оно уменьшается с уменьшением числа оборотов. При этом величина открытия клапана также уменьшается, что приводит к уменьшению силы упругости пружины и незначительному падению давления масла, поступающего в двигатель. Например, если давление масла на взлетном режиме равно  $5,5 \text{ кгс}/\text{см}^2$ , то на режиме малого газа оно будет составлять около  $4,2 \text{ кгс}/\text{см}^2$ .

Не следует забывать, что это явление имеет место только при неизменной вязкости масла, соответствующей его температуре  $80—90^\circ$ . При более низких температурах производительность нагнетающей ступени вполне достаточна для поддержания давления в  $5,5 \text{ кгс}/\text{см}^2$  и на режиме малого газа. При этом давление масла на взлетном режиме становится несколько выше  $5,5 \text{ кгс}/\text{см}^2$ .

Редукционный клапан насоса поддерживает только примерно постоянное давление масла во всем диапазоне рабочих оборотов, обеспечивая поступление его в двигатель в требуемом количестве.

Для обеспечения полной откачки масла из картера двигателя откачивающая ступень насоса имеет производительность, значительно большую, чем нагнетающая. Это вызвано более тяжелыми условиями работы откачивающей ступени, так как к ней из отстойника поступает горячее вспененное масло с низкой вязкостью, имеющее значительно больший объем. Повышение производительности откачивающей ступени достигнуто увеличением ширины зубьев ее шестерен. При недостаточной производительности откачивающей ступени масло выбрасывается через систему суфлирования вследствие переполнения картера и интенсивного барботажа.

С увеличением высоты полета производительность нагнетающей ступени насоса уменьшается (рис. 10-5). Это объясняется тем, что происходит падение давления в воздушной полости маслобака и, следовательно, падение давления масла на входе в насос.

С уменьшением давления на входе в насос происходит расширение и интенсивное выделение из масла содержащегося в нем во взвешенном и растворенном состоянии воздуха, газов и паров. В результате этого масло вспенивается, удельный вес его и количество жидкого масла, поступающего в насос, уменьшается и производительность насоса по жидкому маслу снижается. Соответственно снижается и напорность\* нагнетающей ступени — давление масла на выходе из нее уменьшается. По тем же причинам, но более резко, с подъемом на высоту снижается и производительность откачивающей ступени насоса.

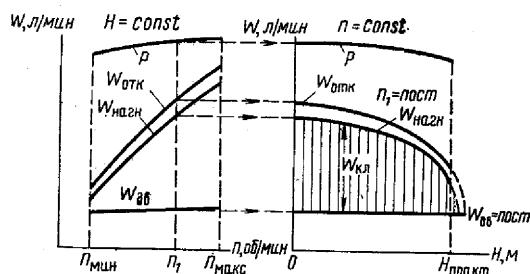


Рис. 10-5. Изменение производительности масляного насоса МШ-8М и давления масла от изменения высоты полета (при постоянных оборотах)

Для обеспечения нормальной работы масляной системы в полете на больших высотах насос при работе на земле должен иметь большой запас производительности и напорности. Величина этого запаса у насоса МШ-8М такова, что на рабочем потолке самолета Ан-2 нагнетающая ступень обеспечивает подачу масла в двигатель в требуемом количестве ( $17—20 \text{ л}/\text{мин}$ ) при давлении на выходе из насоса не ниже  $4 \text{ кгс}/\text{см}^2$ , а откачивающая ступень обеспечивает полную откачуку масла из картера.

Перегрев масла в полете на больших высотах приводит к резкому снижению производительности и напорности насоса из-за уменьшения вязкости масла. При этом давление масла падает, а так как откачивающая ступень не в состоянии откачать все масло из картера, то происходит выбрасывание его из системы суфлирования двигателя.

### 8.1.2. Конструкция масляного насоса

Основными деталями насоса МШ-8М (рис. 10-6) являются корпус с крышкой и опорным фланцем, нагнетающие и откачивающие ступени и редукционный клапан.

\*Напорность — величина давления на выходе из нагнетающей ступени насоса.

**Корпус насоса** отлит из сплава алюминия. С обеих сторон корпуса расположено по одной камере. В передней камере корпуса глубиной 45 мм размещены шестерни откачивающей ступени 2, а в задней камере глубиной 35 мм — шестерни нагнетающей ступени 3. В стенке, разделяющей камеры, имеются три сквозных отверстия. Среднее отверстие, через которое проходит ведущий валик насоса, является средним опорным подшипником валика. В крайние отверстия со стороны каждой камеры запрессованы оси ведомых шестерен. Оси имеют продольные лыски для прохода масла.

Со стороны камеры откачивающей ступени в месте зацепления шестерен в стенке выфрезерована выемка глубиной 1,5 мм, в которую выдавливается масло, остающееся между вошедшими в зацепление зубьями. По канавке шириной 1,6 мм это масло подводится на смазку оси ведомой шестерни.

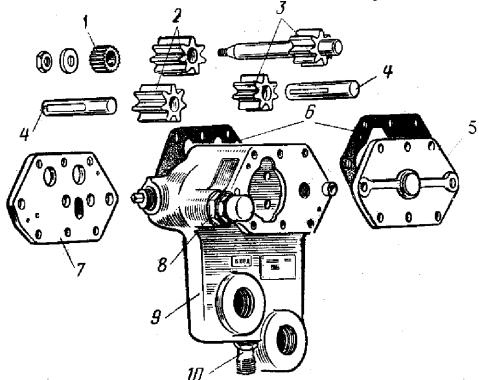


Рис. 10-6. Детали масляного насоса МШ-8М:

1- илицевая муфта; 2- шестерня откачивающей ступени; 3- шестерня нагнетающей ступени; 4- ось ведомой шестерни; 5- крышка корпуса насоса; 6- паронитовая прокладка; 7- опорный фланец; 8- редукционный клапан; 9- корпус; 10- штуцер приемника термометра

В нижней части корпус имеет две изолированные одна от другой полости. На задней стенке каждой полости расположено отверстие с конической резьбой под штуцер. Через левую полость с литейной меткой «Вход» масло поступает из маслобака в нагнетающую ступень насоса. Через правую полость с меткой «Выход» масло выходит из откачивающей ступени. В стенке нижней части левой полости имеется бобышка с отверстием для установки приемника термометра для измерения температуры входящего масла.

В левой задней части корпуса сделан прилив с каналом для установки редукционного клапана. В канал запрессовано бронзовое седло и ввертывается корпус клапана. Прилив имеет также каналы для перепуска масла через редукционный клапан из полости выхода в полость входа нагнетающей ступени и отверстие с бронзовой втулкой для установки приемника масляного манометра. Если приемник манометра масла установлен на задней крышке корпуса масляного насоса, то это отверстие глушится пробкой.

Корпус имеет сквозные отверстия под шпильки крепления насоса и сквозной канал для стока в картер масла, проникшего за заднюю опору ведущего валика.

**Крышка корпуса** 5 отлита из сплава алюминия. Она закрывает нагнетающую ступень и является задней опорой ведущего валика насоса и оси ведомой шестерни нагнетающей ступени.

На передней плоскости крышки в месте зацепления зубьев шестерен сделана неглубокая зенковка диаметром 4,9 мм, сообщенная с продольной канавкой шириной 1,6 мм на стенке отверстия под ведущий валик. Через зенковку в канавку выдавливается масло, остающееся во впадинах между зубьями зацепляющихся шестерен, и смазывает задний подшипник ведущего валика.

**Опорный фланец** 7 отлит из сплава алюминия. На передней плоскости фланца сделан точно обработанный буртик для центрирования насоса на задней крышке картера. Фланец имеет отверстие для слива в картер масла, проникшего через зазоры заднего подшипника ведущего валика. В верхней части его расположены два отверстия, сообщающие насос с масляной магистралью двигателя. Через правое отверстие масло подводится к откачивающей ступени насоса из масляного отстойника; через левое — под давлением поступает из нагнетающей ступени в двигатель.

На внутренней плоскости фланца в месте зацепления шестерен выфрезерована выемка, от которой по канавке шириной 1,6 мм масло подходит на смазку передней опоры ведущего валика. Между корпусом и фланцем ставится паронитовая прокладка.

**Шестерни насоса.** Насос имеет две пары стальных шестерен с семью зубьями каждая. Шестерни откачивающей ступени 2 имеют ширину 45 мм, а нагнетающей 3 — 35 мм. Трущиеся поверхности шестерен цианированы\* и закалены. Ведущая шестерня нагнетающей ступени изготовлена за одно целое с валиком.

\* Цианированием называется процесс одновременного насыщения поверхности стальных деталей углеродом и азотом. Применяется для повышения твердости и износостойчивости поверхностного слоя. Глубокое цианирование дает возможность получить цианированный слой глубиной 1,5—2 мм с высоким содержанием углерода и низким содержанием азота. Оно вполне заменяет цементацию в твердых и газовых карбюраторах, обеспечивает более быстрое получение заданной глубины слоя. Поэтому глубокое цианирование иначе называется жидкостной цементацией.

Передний конец валика, выступающий из насоса, имеет коническую часть и резьбовой хвостовик. На конической части с помощью сегментной шпонки устанавливается шлицевая муфта для соединения валика насоса с валом привода двигателя. Муфта закреплена на валике корончатой гайкой, которая законтрена шплинтом. В средней части валика на двух шпонках устанавливается ведущая шестерня откачивающей ступени.

Обе ведомые шестерни свободно вращаются на осях 4, запрессованных в корпус насоса. В одной из впадин между зубьями они имеют по радиальному отверстию для прохода масла на смазку осей.

**Редукционный клапан насоса** (рис. 10-7) состоит из бронзового седла, запрессованного в корпус насоса, стального клапана, пружины, втулки, регулировочного винта, контргайки и колпачка. Седло 2 является опорой клапана и выполняет роль его направляющей.

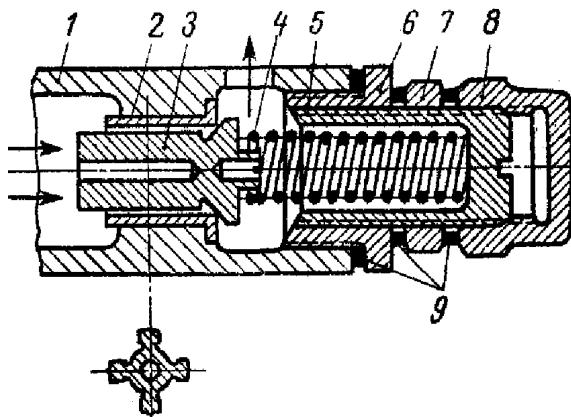


Рис. 10-7. Редукционный клапан масляного насоса МШ-8М:  
1-корпус насоса; 2-седло клапана; 3-клапан; 4-пружина; 5-регулировочный винт;  
6-втулка; 7-контргайка; 8-колпачок; 9-прокладки

Клапан 3 имеет крестовидную направляющую и грибок, которым он плотно прилегает к кромке седла. На грибке сделан выступ, центрирующий пружину.

Величина давления масла на выходе из нагнетающей ступени регулируется затяжкой пружины 4 посредством регулировочного винта 5. После регулирования давления винт контрится контргайкой 7. Для предохранения резьбы винта от повреждения на него поверх контргайки наворачивается колпачок 8. Он контрится проволокой к корпусу насоса. Под колпачок, контргайку и втулку 6 ставятся уплотнительные прокладки 9 из алюминиевого сплава.

### 8.1.3. Техническое обслуживание масляного насоса

Периодический осмотр насоса производится во время каждого послеполетного обслуживания двигателя. При этом проверяется: надежность крепления насоса к задней крышки картера и состояние контровки гаек, отсутствие течи масла по разъемам корпуса насоса и из-под штуцеров, надежность контровки колпачка редукционного клапана, приемников термометра и манометра масла (если последний установлен на насосе).

Регулирование давления масла (рис. 10-8) производится на неработающем двигателе. Для этого необходимо расконтрить и отвернуть колпачок регулировочного винта редукционного клапана и, удерживая винт от поворота отверткой, ослабить ключом его контргайку. Затем, удерживая ключом контргайку, повернуть винт в нужную сторону на требуемую величину. Следует учитывать, что при повороте винта по ходу часовой стрелки давление масла увеличивается, а при повороте против часовой стрелки — уменьшается. Чтобы изменить давление масла на  $1 \text{ кгс}/\text{см}^2$  нужно повернуть винт приблизительно на 1,5 оборота. После того, как винт повернут на требуемую величину, следует, удерживая его от проворачивания отверткой, затянуть контргайку, затем запустить двигатель и проверить давление масла.

При температуре входящего масла  $66-75^\circ \text{C}$  и числе оборотов 2000—2200 в минуту давление масла, если его замерить в задней крышке, должно быть  $4-5 \text{ кгс}/\text{см}^2$ . На режиме малого газа давление масла должно быть не менее  $2 \text{ кгс}/\text{см}^2$ .

Убедившись, что эти условия соблюдены, следует остановить двигатель, навернуть на регулировочный винт колпачок, подложив под него прокладку, затянуть его и законтрить проволокой.

Регулировать давление масла на работающем двигателе запрещается.

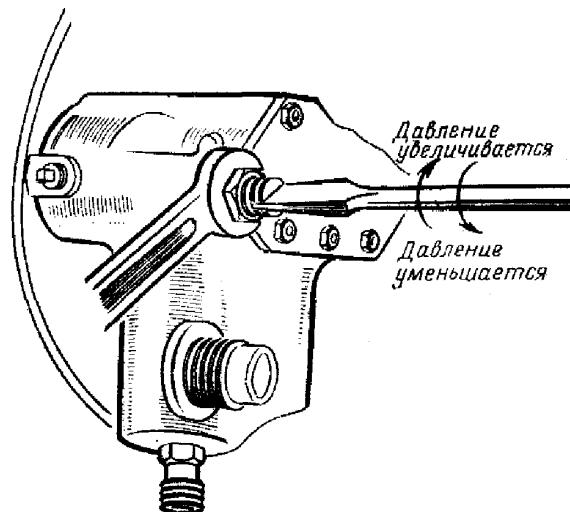


Рис.10-8. Регулировка давления масла

## 8.2.МАСЛЯНЫЙ ФИЛЬТР МФМ-25

МФМ-25 представляет собой металлический щелевой фильтр для тонкой очистки масла (рис. 10-9). Он обладает большой жесткостью по сравнению с сетчатыми фильтрами, что обеспечивает надежную работу его при высоких давлениях масла. Поэтому фильтр устанавливают в нагнетающей масляной магистрали непосредственно перед входом масла из насоса в двигатель.

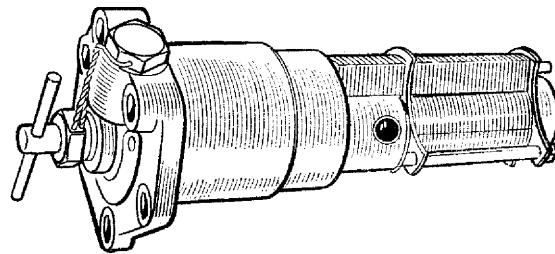


Рис. 10-9. Масляный фильтр МФМ-25

Расположение фильтра тонкой очистки в нагнетающей магистрали имеет существенные преимущества по сравнению с расположением его перед входом в нагнетающую ступень масляного насоса. В последнем случае, вследствие больших гидравлических сопротивлений при проходе масла через фильтр, значительно снижается давление на входе в насос, что уменьшает производительность и напорность насоса, а также его высотность. Фильтр МФМ-25 очищает масло от механических частиц размером более 0,09 мм. Конструкция фильтра предусматривает возможность питания двигателя неочищенным маслом в случае полного засорения фильтрующей части. Для этого фильтр имеет специальный перепускной клапан. Очистка фильтра может быть произведена без снятия его с двигателя. Основными узлами фильтра являются: фильтрующая часть с устройством для ее очистки и крышка с перепускным клапаном, на которой монтируются все детали фильтра (рис. 10-10).

**Фильтрующая часть** состоит из набора пластин, собранных на стальной подвижной оси 12 круглого сечения с продольным сегментным срезом. Основные пластины 15 представляют собой стальные круглые диски толщиной 0,32 мм, имеющие отверстие для оси по форме ее поперечного сечения и четыре симметрично расположенных окна. Между ними устанавливаются промежуточные стальные пластины 16 толщиной 0,09 мм с отверстием под ось и четырьмя симметрично расположенными наружными выступами.

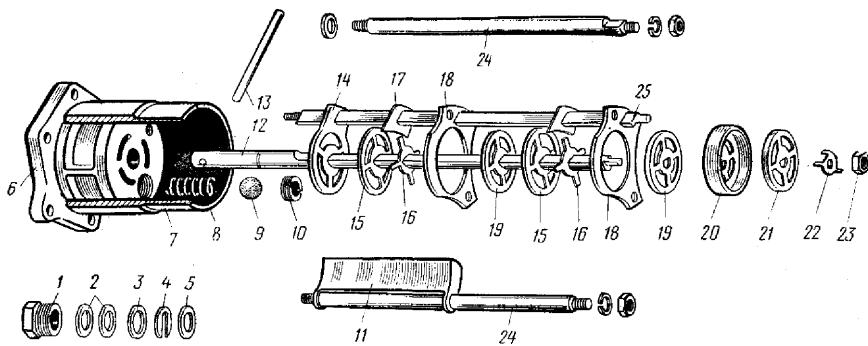


Рис. 10-10. Детали фильтра МФМ-25:

1- гайка сальника; 2- набивка сальника; 3- кольцо сальника; 4- скоба оси; 5- упорная шайба; 6- крышка фильтра; 7- стакан; 8- пружина клапана; 9- шарик клапана; 10- седло клапана; 11- трубка перепускного клапана; 13- ось; 13- рукоятка оси; 14- опорная пластина; 15- основная пластина; 16- промежуточная пластина; 17- очистительная пластина; 18- распорная пластина; 19- опорный диск; 20- направляющая чашка; 21- концевой диск; 22- замок; 23- гайка; 24- стержни круглого сечения; 25- стержень квадратного сечения

Таким образом, между основными пластинами имеется зазор 0,09 мм, а окна их образуют четыре продольных канала для прохода в двигатель очищенного масла. Кроме основных и промежуточных пластин, на ось надеты опорная пластина 14 и два опорных диска 19. Через опорную пластину фильтрующая часть опирается на торец крышки фильтра.

Опорные диски входят в отверстия двух неподвижных распорных пластин 18, надетых на три стержня 24 и 25, которые ввернуты в крышку фильтра, и опираются на эти пластины, как на подшипники. Это обеспечивает необходимую продольную жесткость всей фильтрующей части.

Ось с набором пластин опирается с одной стороны на крышку фильтра 6, с другой стороны—через стальную чашку 20 на заднюю крышку картера.

При установке фильтра на двигатель чашка входит в специальное гнездо задней крышки картера.

Выступающий из крышки фильтра наружный конец оси имеет отверстие, в которое тугу посажен вороток. За этот вороток можно повернуть ось вместе с собранными на ней пластинами.

Продольные перемещения оси внутрь ограничиваются стальной скобой 4, установленной в кольцевую выточку оси и опирающейся через шайбу в крышку фильтра, наружу — гайкой крепления чашки 23.

Уплотнение оси в крышке производится сальником, состоящим из опорного кольца 5, фетровой набивки 2, пропитанной смесью сала с графитом, и сальниковой гайкой 1. Гайка законтрена проволокой за ушко крышки.

**Крышка фильтра** 6 отлита из сплава алюминия, имеет фланец с отверстиями под шпильки крепления фильтра к корпусу нагнетателя, сквозное отверстие для прохода оси с резьбой под гайку сальника и три отверстия с резьбой под стержни (см. рис. 10-10). На цилиндрическую часть крышки плотно надет и закреплен штифтом дюралюминиевый стакан 7, доходящий примерно до половины фильтрующей части. Стакан служит для центровки фильтра в полости задней крышки и уплотнен в ней резиновым кольцом (см. рис. 10-11).

Между крышкой и стаканом образована полость, соединенная с внутренними каналами фильтрующей части и с каналом в приливе на внешней части крышки. Этот канал заглушен пробкой. Кроме того, полость между крышкой и стаканом сообщена через перепускной клапан с полостью вокруг фильтрующей части фильтра.

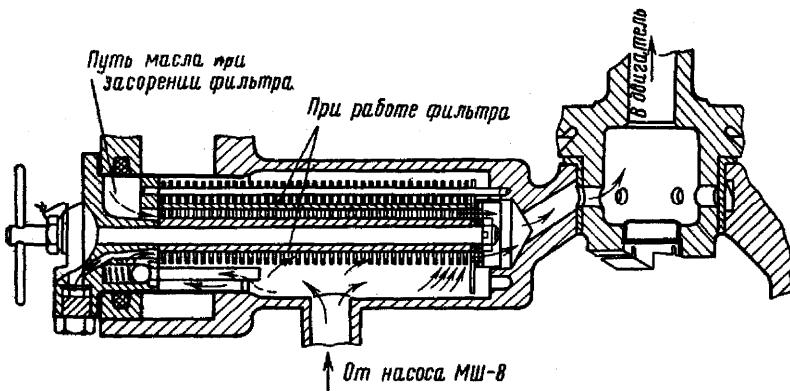


Рис. 10-11. Схема устройства и работы фильтра МФМ-25

Перепускной клапан состоит из шарика 9, пружины 8 и седла 10, ввернутого в колодец крышки фильтра. Он служит для перепуска неочищенного масла внутрь фильтрующей части в случае полного ее засорения. На клапан работает под разностью давлений масла в полостях вокруг фильтрующей части и внутри нее и открывается, когда эта разность достигает  $2,5-3 \text{ кгс}/\text{см}^2$ . При рабочих температурах масла и незасоренном фильтре разность давлений составляет  $0,1-0,5 \text{ кгс}/\text{см}^2$  и клапан закрыт.

Масло к перепускному клапану подводится через стальную трубку 11 полукруглого сечения, сваренную точечной сваркой. Трубка надета и закреплена на одном из круглых стержней фильтра. Отверстие трубы для подвода масла к перепускному клапану расположено в месте, где масло наименее загрязненное. Таким местом является правая верхняя часть кармана задней крышки картера, если на нее смотреть с левой стороны двигателя.

Фильтрация масла в фильтре МФМ-25 производится следующим образом (рис. 10-11). Масло, поступающее в двигатель, входит в камеру задней крышки картера вокруг фильтра и, проходя по зазорам между основными пластинами фильтрующей части, очищается от механических частиц. Поступив во внутренние каналы, образованные окнами пластин, масло через чашку фильтра направляется в масляную магистраль двигателя. Частицы крупнее  $0,09 \text{ мм}$  оседают на наружной поверхности фильтрующей части. Более мелкие частицы оседают на поверхности пластин в щелевых зазорах. На рис. 10-11 пунктиром показана циркуляция масла при засорении фильтра.

Для очистки фильтрующей части от грязи фильтр имеет специальное устройство. Оно состоит из набора стальных пластин (ножей) трапециевидной формы толщиной  $0,07 \text{ мм}$ , установленных между основными пластинами и собранных на неподвижном стержне квадратного сечения. При проворачивании оси за вороток ножи счищают, отложения из щелевых зазоров между основными пластинами и собирают их в одном месте.

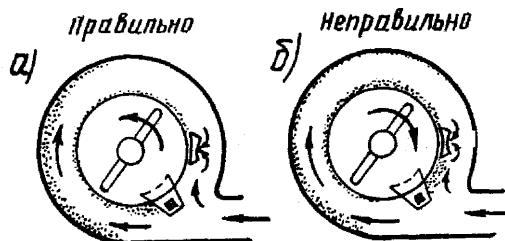


Рис. 10-12. Определение направления поворота рукоятки фильтра:  
а)- правильно; б)- неправильно

Взаимное расположение ножей и трубы для подвода масла к перепускному клапану определяет направление вращения рукоятки фильтра при его очистке. Из рис. 10-12, б видно, что при вращении рукоятки по ходу часовой стрелки отложений, собранные ножами, накапливаются в непосредственной близости от отверстия трубы и в случае засорения фильтра будут поступать в двигатель через перепускной клапан. Если рукоятку вращать против хода часовой стрелки (рис. 10-12, а), то отложения собираются в месте, наиболее удаленном от входа в трубку. Проворачивать рукоятку фильтра МФМ-25 без снятия его с двигателя разрешается только против хода часовой стрелки.

### 8.2.1. Техническое обслуживание масляного фильтра МФМ-25

Техническое обслуживание фильтра МФМ-25 заключается в периодической очистке его фильтрующей части от загрязнения. Для этого необходимо:

- через каждые 3—5 ч работы двигателя и после каждого рейса провернуть ось фильтра за ворот на два-три оборота против хода часовой стрелки;
- через каждые 8—10 ч работы двигателя и спустя первые 3 ч работы после установки двигателя на самолет фильтр снять, осмотреть, нет ли на нем металлических блесток или стружки, надежна ли контровка гайки крепления фильтрующей части и не повреждены ли пластины. После этого промыть фильтр бензином. Перед установкой надо погрузить фильтр в чистое масло и провернуть его несколько раз за рукоятку в любую сторону.

Если фильтр засорен настолько, что фильтрующую часть провернуть трудно, надо промыть его бензином из шприца, погрузить в горячее масло. Затем проворачивать рукоятку в разные стороны до тех пор, пока она не будет легко вращаться. Если это не дает положительных результатов, сдать фильтр в ремонт.

Перед установкой фильтра на двигатель необходимо убедиться в исправности прокладки между его крышкой и фланцем корпуса нагнетателя. Гайки крепления фильтра затягивать равномерно в два-три приема. Под гайки подложить плоские шайбы и шайбы Гровера.

При наличии металлической стружки или отдельных блесток на фильтре МФМ-25 двигатель

необходимо направить в ремонт.

### 8.3. МАСЛЯНЫЙ ОТСТОЙНИК

Масляный отстойник (рис. 10-13) является резервуаром для слива масла из внутренних полостей картера двигателя. Он отлит из сплава магния, устанавливается между цилиндрами № 5 и 6 и крепится своим фланцем к фланцам носка картера и передней половины корпуса нагнетателя.

К переднему фланцу отстойника крепится труба из электрона для слива масла из носка картера; к заднему фланцу—стальные (наружная и внутренняя) трубы слива масла из полости между задней крышкой и корпусом нагнетателя.

На задней стенке отстойника имеются две шпильки для крепления межцилиндрового дефлектора цилиндров №№ 5 и 6. В нижней части отстойника ввернут сливной кран.

Все соединения отстойника уплотняются паронитовыми прокладками. Сетчатый фильтр отстойника промывают через 3 ч работы двигателя после установки на самолет, а затем через каждые 50 ч работы,

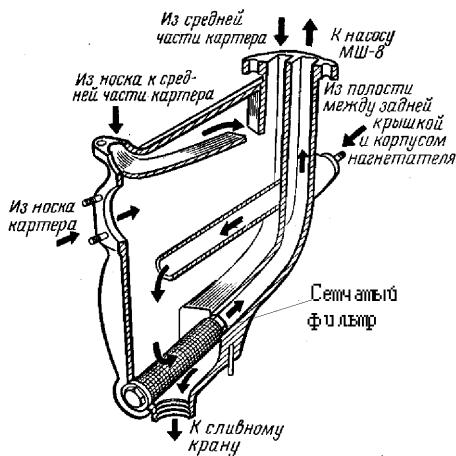


Рис. 10-13. Масляный отстойник

## 9. ОСОБЕННОСТИ МАСЛОСИСТЕМЫ ДВИГАТЕЛЕЙ С УВЕЛИЧЕННЫМ РЕСУРСОМ

Одним из распространенных дефектов двигателя АШ-62ИР является засорение масла механическими примесями. Причинами этого являются коксование масла, попадание в масло атмосферной пыли, недостаточная очистка циркулирующего через двигатель масла от механических примесей. В результате происходит повышенный износ трущихся деталей двигателя (особенно зеркала цилиндров и поршневых колец), падение давления масла вследствие полного засорения фильтра МФМ-25.

Преждевременный выход из строя цилиндров и поршневых колец чаще всего происходит при эксплуатации самолетов Ан-2 на авиахимических работах в жарких местностях с большим содержанием пыли в атмосфере. Усугубляется это также перегрузкой двигателя за счет большого количества взлетов и частого использования взлетного режима.

Для улучшения очистки масла от механических примесей и уменьшения износа трущихся деталей в маслосистеме двигателя повышенного ресурса устанавливается центрифуга ТЦМ-25 (рис. 10-14). Она осуществляет дополнительную очистку масла, выходящего из откачивающей ступени маслонасоса. Центрифуга устанавливается непосредственно на маслонасос.

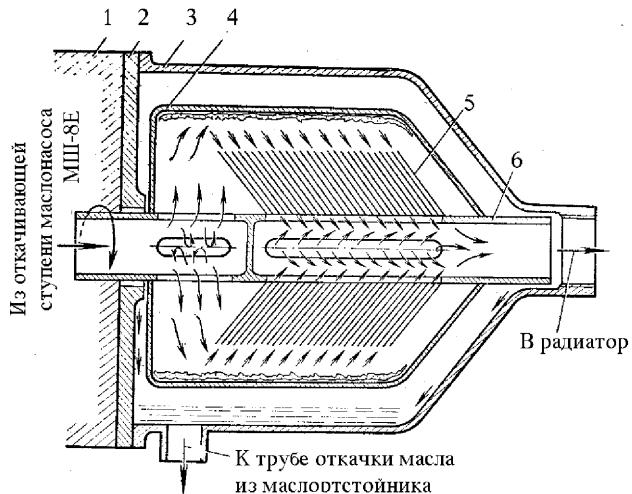
В связи с постановкой центрифуги конструкция корпуса маслонасоса изменена: штуцер подвода масла в нагнетающую ступень вынесен на левую боковую стенку, вместо задней крышки корпуса насоса устанавливается фланец 2 центрифуги. Основные технические данные насоса остались прежними. Модифицированный для установки центрифуги маслонасос имеет обозначение МШ-8Е.

Центрифуга состоит из валика 6, получающего вращение от масляного насоса; пакета стальных конических пластин 5 и цилиндра 4, закрепленных на валике; дюралюминиевого колпака 3, закрепленного на опорном фланце 2. Этим фланцем центрифуга крепится к заднему торцу масляного насоса 1.

Валик центрифуги имеет две изолированные друг от друга полости. В левую полость через отверстие в корпусе маслонасоса поступает масло из откачивающей ступени. Через окна в стенке валика оно входит в цилиндр 4. В правую полость, также через окна в стенах валика, поступает очищенное масло. Из этой полости через штуцер колпака 2 оно направляется в радиатор и затем в маслобак самолета.

Фильтрация масла в центрифуге происходит следующим образом. Поступившее в цилиндр 4 масло вращается вместе с ним с большой скоростью. Находящиеся в масле механические частицы (кокс, песок), имеющие большую, чем масло, плотность, отбрасываются под действием собственных центробежных сил в радиальном направлении и осаждаются на внутренней стенке цилиндра. По зазорам между коническими

пластинами масло направляется в правую полость валика.



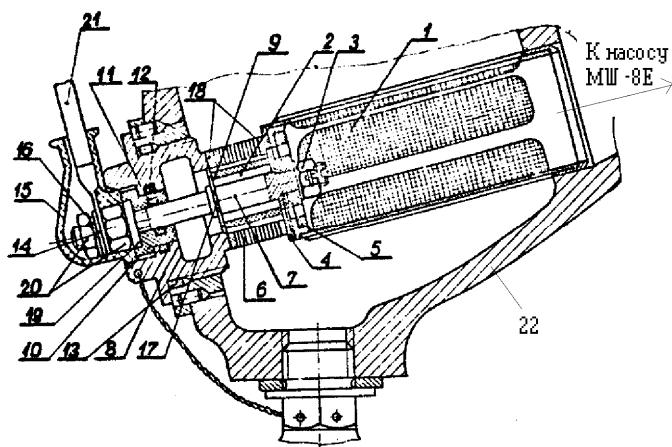
*Рис. 10-14. Схема устройства и работы центрифуги ТПМ-25:*  
1- корпус масляного насоса; 2- опорный фланец центрифуги; 3- колпак; 4- цилиндр;  
5- пакет пластин; 6- валик центрифуги

При этом происходит дальнейшая его очистка центрифугированием — более мелкие механические частицы осаждаются на внутренней поверхности каждой пластины.

В нижней части колпака 9 центрифуги предусмотрен штуцер для слива масла, проникшего в полость между колпаком и цилиндром через опоры валика 6. Слив производится в трубу для откачки масла из маслодстойника.

В процессе эксплуатации двигателя необходимо через каждые 25-35 ч работы демонтировать, разобрать центрифугу, очистить колпак и ротор от загрязнений. Эффективность действия центрифуги оценивается следующими данными: за 1 200 ч работы двигателя из цилиндра центрифуги было извлечено 29 кг механического осадка, что составляет около 1 кг на каждые 40 ч работы двигателя.

Кроме центрифуги, на двигателях с увеличенным ресурсом в масляном отстойнике вместо сетчатого фильтра устанавливается **фильтр-сигнализатор** раннего обнаружения стружки (рис. 10-15).



*Рис. 10-15. Фильтр-сигнализатор:*

1- фильтрующая часть; 2- сигнализирующая часть; 3, 8, 20- гайка; 4, 5- изолирующая прокладка; 6- блок пластин; 7- стойка-контакт; 9, 10- втулка; 11, 12, 13- прокладка; 14, 19- шайба; 15- колпачок; 16- шайба пружинная; 17- шайба опорная; 18- шайба дистанционная, 21- провод; 22- маслодстойник

Фильтр-сигнализатор состоит из двух основных частей: фильтрующей части и сигнализирующей части.

Фильтрующая часть 1 предназначена для фильтрации масла, поступающего из маслодстойника к откачивающей ступени маслонасоса. Фильтрация осуществляется при прохождении масла через сетку проволочного фильтроэлемента, имеющего форму стакана.

Сигнализирующая часть предназначена для обнаружения стружки в масле и выдачи сигнала о её наличии в кабину пилотов.

Сигнализирующая часть состоит из стойки-контакта 7 и блока пластин 6. К стойке-контакту через провод 21 подводится напряжение от электросети самолета. Через стойку-контакт напряжение подается к правой (по рис. 10-15) пластине. Крепление стойки-контакта осуществляется посредством изолирующих прокладок 4, 5, 11, 12 и втулки 9. Эти детали изготовлены из текстолита или резины. Следовательно, стойка-контакт имеет электрическую изоляцию от всех остальных деталей двигателя, за исключением: правой пластины.

Блок пластин 6 состоит из семнадцати латунных пластин, разделенных между собой картонными секторами-изоляторами (по три сектора на каждой пластине). Левая (по рис. 10-15) пластина контактирует с корпусом фильтра-сигнализатора. Все пластины смонтированы на текстолитовой втулке.

Фильтр-сигнализатор находится в нижней части маслоотстойника и омывается маслом, сливающимся из картера двигателя. Если в масле имеется стружка, то она попадает в зазоры между пластинами. При наличии стружки между всеми пластинами в проводнике 21 возникает электрический ток и в кабине пилотов загорается сигнальная лампа.

## 10. РАЗЖИЖЕНИЕ МАСЛА БЕНЗИНОМ И ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ДВИГАТЕЛЯ НА РАЗЖИЖЕННОМ МАСЛЕ

При низких температурах наружного воздуха резко повышается вязкость масла, находящегося в масляной системе двигателя. Это усложняет запуск двигателя и приводит к масляному «голоданию» двигателя сразу после его запуска вследствие недостаточного поступления масла к трещущимся поверхностям.

Избежать этого можно, если масло после каждого полета из системы сливать, а перед полетом заливать его в горячем состоянии. Однако ежедневный слив и неизбежное при этом смешение масла, слитого из разных самолетов, приводит к загрязнению маслосистем самолетов и к ухудшению условий смазки двигателей. Кроме того, значительно усложняется эксплуатация самолетов в зимних условиях.

Эффективным средством, обеспечивающим быстрый запуск, прогрев и надежную работу двигателя на холодном масле при отрицательных температурах, является разжижение масла бензином перед остановкой двигателя после полета. Масло, разжиженное бензином, имеет пониженную вязкость в холодном состоянии, легко проникает в зазоры двигателя в момент его запуска и надежно смазывает трещущиеся поверхности деталей.

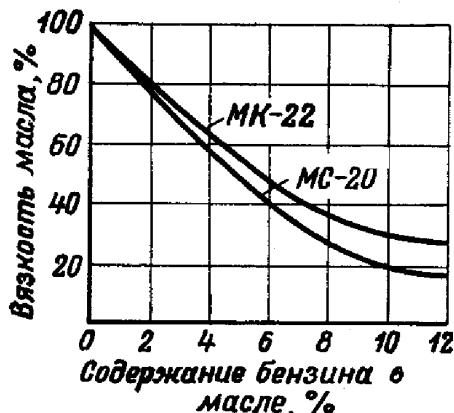


Рис. 10-14. Изменение вязкости масла при добавлении в него бензина

Примерное изменение вязкости масел МС-20 и МК-22 в зависимости от добавления в него бензина показано на рис. 10-14.

По мере разогревания масла бензин из него быстро испаряется. Через 15 мин работы двигателя после запуска из масла испаряется примерно 80—85% находящегося в нем бензина. За это время масло, циркулирующее через двигатель, достаточно разогревается и приобретает требуемую вязкость.

Разжижение масла бензином производится на работающем двигателе с помощью крана разжижения. На самолетах Ан-2 до 60-й серии установлен ручной кран КРМ-1, на самолетах последующих серий — электромагнитный кран ЭКР-3. При включении крана разжижения бензин из топливной системы самолета поступает под давлением в масляную систему двигателя, разжижая не все масло, а лишь ту его часть, которая циркулирует через двигатель, находится в циркуляционном колодце масляного бака, в радиаторе, трубопроводах и картере. Количество бензина, вводимого в масляную систему, должно составлять около 12,5% от объема циркулирующего масла и определяется временем включения крана разжижения.

Продолжительность включения крана разжижения, обеспечивающая такую концентрацию бензина в масле, зависит от времени предыдущей работы двигателя на разжиженном масле. Определяется она по графику, установленному на левом подлокотнике пилотской кабины, или по таблицам, имеющимся в руководстве по летной эксплуатации и пилотированию самолета Ан-2М. Продолжительность включения крана ЭКР-3 приведена в таблице 10-1.

Таблица 10-1.

Время предыдущей работы двигателя на разжиженном масле	15 мин на земле	5 мин полета	15 мин полета	30 мин полета или масло не разжижалось
Продолжительность включения крана ЭРК-3	3 мин 5 с	3 мин 35 с	3 мин 50 с	4 мин

Разжижение масла можно начинать только на двигателе, прогретом до температуры масла 40—50° и головок цилиндров 120—160°. Давление масла должно быть 4—5 кгс/см<sup>2</sup>, бензина 0,3—0,35 кгс/см<sup>2</sup>.

Разжижение с помощью крана КРМ-1 производится при 1000 об/мин. За 30—40 сек до окончания разжижения обороты увеличиваются до 1800 об/мин, винт переводится с малого шага на большой 2—3 раза, после чего обороты уменьшаются до 1000 об/мин, выключается кран КРМ-1 и через 1—2 мин останавливается двигатель.

Разжижение с помощью крана ЭРК-3 производится при 1 400 об/мин. По истечении времени разжижения кран выключается, винт переводится 2—3 раза с малого шага на большой и обратно, затем останавливается двигатель.

Контроль процесса разжижения масла бензином осуществляется по изменению величины давления масла и бензина. При включении крана разжижения\* давление бензина должно снизиться на 0,01—0,03 кгс/см<sup>2</sup>. Отсутствие падения давления бензина указывает на неисправность крана разжижения. Нормальное протекание процесса разжижения сопровождается постепенным падением давления масла до 3—3,5 кгс/см<sup>2</sup>, что указывает на то, что масло разжижено достаточно. В этом случае кран разжижения необходимо выключить независимо оттого, что потребное время его включения, определенное по графику или таблице, не истекло. Если в процессе разжижения давление масла упало ниже 3 кгс/см<sup>2</sup>, то кран разжижения также необходимо выключить ранее установленного времени и, не меняя оборотов двигателя, проработать 1—2 мин. При этом давление масла начнет постепенно повышаться за счет перемешивания циркулирующего разжиженного масла с неразжиженным маслом, находящимся в маслобаке. Перед выключением двигателя необходимо перевести 2—3 раза воздушный винт с малого шага на большой и обратно.

Разжижение масла бензином без слива его из системы производится при температурах наружного воздуха минус 5—30° С. При более низких температурах масло необходимо или полностью сливать из системы или подогревать в маслобаке.

Эксплуатация двигателя на масле, разжиженном бензином, имеет некоторые особенности.

1. Разжижение масла не исключает необходимости подогревать двигатель, маслобак и радиатор перед запуском, а лишь сокращает время подогрева. При температуре наружного воздуха до —15° С аэродромным подогревателем можно подогревать только двигатель (до температуры головок цилиндров 20—30° С). При температуре воздуха ниже —15° С необходимо подогревать не только двигатель, но также радиатор и нижнюю часть масляного бака (в течение 10—15 мин при температуре воздуха, поступающего из подогревателя, не выше 180° С).

2. Порядок запуска двигателя во всех случаях остается неизменным, а прогрев при разжиженном масле производится при  $n = 1\ 000—1\ 200$  об/мин в течение 5—6 мин, после чего число оборотов увеличивают до 1 400—1 500 в минуту. Давление масла в это время не должно быть выше 8 кгс/см<sup>2</sup>. Двигатель считается прогретым, когда температура масла достигает 35° С и температура головок цилиндров 120° С.

Опробование двигателя производится в порядке, установленном для работы на неразжиженном масле.

3. Если при прогреве двигателя на оборотах выше 1 000 в минуту давление масла не достигает 3 кгс/см<sup>2</sup> (что указывает на снижение вязкости масла вследствие чрезмерного разжижения его бензином), необходимо слить все масло из картера двигателя и радиатора и 15—20 л из колодца масляного бака, затем заправить в масляную систему 27—32 л неразжиженного масла, подогретого до 70—75°, запустить двигатель и проверить, нормально ли давление масла на всех режимах.

4. В случае потребности дозаправить масло в бак. Это необходимо делать перед вылетом после прогрева разжиженного в масляной системе масла. Дозаправляемое масло должно быть подогрето до температуры 70—75° С.

5. При работе на разжиженном масле давление его в начале полета может быть на 0,5—1,0 кгс/см<sup>2</sup> ниже нормального. Через 35—40 мин полета давление масла должно установиться нормальным, так как за это время значительная часть бензина из масла испарится.

6. Бензин, находящийся в масле, интенсивно смывает со стенок деталей двигателя и масляных каналов различные отложения. Поэтому не реже чем через 5—15 ч налета необходимо снимать и очищать фильтр МФМ-25, а также сливать масло из маслоотстойника. Если масло не разжижалось в течение 100 и более часов предшествующей работы двигателя, то при первой же посадке после полета на разжиженном масле необходимо снять и промыть фильтры МФМ-25, привода регулятора оборотов и маслоотстойника.

\* На самолетах Ан-2 в кабине экипажа загорается сигнальная лампа.

7. Нарушение герметичности крана разжижения в полете вызывает попадание бензина в масляную систему, что может привести к выходу двигателя из строя из-за чрезмерного разжижения масла. Поэтому необходимо периодически через каждые 25 ч работы двигателя проверять кран разжижения на герметичность и пропускную способность.

Для этого следует отсоединить трубку подвода бензина к масляному трубопроводу, заглушить на ней штуцер, создать давление в топливной системе 0,3—0,4 кгс/см<sup>2</sup> и, поддерживая его в течение 1—1,5 мин, проверить, нет ли течи бензина из крана.

Чтобы проверить пропускную способность крана; нужно включить его на 2—3 мин и, поддерживая давление бензина 0,25 кгс/см<sup>2</sup> собрать вытекающий из трубы бензин в мерную посуду. Пропускная способность крана ЭКР-3 должна быть 2—2,3 л/мин.

Перед началом летней эксплуатации систему разжижения необходимо отключить, установив заглушку в соединении бензиновой трубы со штуцером маслопровода.

## 11. НЕИСПРАВНОСТИ МАСЛЯНОЙ СИСТЕМЫ, ИХ ПРИЗНАКИ, СПОСОБЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ И ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ

Наиболее характерные неисправности масляной системы следующие:

- падение давления масла;
- выброс масла через дренажную трубку масляного бака;
- перегрев масла в полете;
- повышенный расход масла.

1. **Падение давления** масла ниже установленной величины возможно в следующих случаях.

1) *Низкая температура масла в масляном баке.* При этом резко возрастает его вязкость и сопротивление движению по трубопроводу из маслобака к насосу. В результате производительность насоса уменьшается и он не обеспечивает поступления масла в двигатель в достаточном количестве.

Обычно это бывает при  $n = 700$ —800 об/мин сразу после запуска двигателя, если масло в системе холодное и неразжиженное.

2) *Неисправность масляного манометра.* Она определяется по изменению числа оборотов двигателя при перемещении рычага управления винтом. Если при перемещении рычага в любую сторону изменяется число оборотов, то это указывает на отказ в работе масляного манометра.

3) *Заедание золотника редукционного клапана маслонасоса в открытом положении.* При этом давление масла резко падает до нуля. Масло полностью перетекает через редукционный клапан на вход в насос и в двигатель не поступает. Температура масла за счет нагрева его в насосе медленно повышается и не реагирует на открытие заслонок маслорадиатора, так как циркуляция масла во внешней масляной системе практически прекращается. Винт не реагирует на изменение положения рычага управления.

Причиной заедания золотника является попадание посторонних частиц в зазор между ним и его направляющей.

Для устранения неисправности необходимо вывернуть клапан из насоса, вынуть золотник, промыть клапан и установить его на место.

В полете заедание золотника иногда удается устраниТЬ резким изменением числа оборотов. Это возможно только тогда, когда винт еще реагирует на перемещения рычага управления РПО, т. Е. когда давление масла упало не полностью.

4) *Засорение фильтра МФМ-25 в результате заправки в бак грязного масла.* Падение давления масла в этом случае может быть обнаружено только на самолетах Ан-2 с 70-й серией, так как давление масла на них замеряется в магистрали двигателя, за фильтром. Фильтр засоряется постепенно. Так же постепенно падает и давление масла. Когда перепад давлений масла перед фильтром и за ним достигает 2,5—3 кгс/см<sup>2</sup>, открывается перепускной клапан фильтра, и в двигатель начинает поступать неочищенное масло с установленным давлением на 2,5—3,0 кгс/см<sup>2</sup> ниже нормального.

5) *Подсос воздуха через неплотности соединений трубопровода между масляным баком и насосом.* При наличии подсоса воздуха на входе в насос не создается необходимого разрежения и насос или совершенно не забирает масло из бака, или подсасывает его в недостаточном количестве. Место подсоса воздуха легко определить по подтекам масла в соединениях на линии маслобак — маслонасос, возникающим при неработающем двигателе.

После устранения неисправности необходимо удалить воздух, скопившийся на входе в нагнетающую ступень насоса. Для этого надо снять с насоса приемник масляного термометра и после того, как масло потечет из гнезда приемника, установить его вновь.

Для предупреждения подсоса воздуха следует регулярно осматривать резьбовые соединения штуцеров с насосом и масляным баком, дюритовые соединения сливного крана со штуцером насоса и подводящего трубопровода со штуцером масляного бака.

6) *Перегрев масла.* При перегреве масла вязкость его резко уменьшается, вследствие чего уменьшается сопротивление протеканию масла через каналы и зазоры двигателя. Соответственно прокачка масла через двигатель увеличивается, а давление масла снижается. Падение давления масла в результате его перегрева

происходит постепенно.

Для устранения неисправности необходимо понизить режим работы двигателя и охладить масло до 60—75° С. В случае необходимости температуру масла можно уменьшить путем кратковременного перехода из горизонтального полета на планирование или из набора высоты — в горизонтальный полет.

В исключительных случаях наибольшая температура входящего масла в полете допускается до 85° С (на время не более 3 мин). При этом давление масла не должно быть ниже 3 кгс/см<sup>2</sup>.

Возможные причины перегрева масла в полете изложены ниже.

7) *Попадание бензина в масло через кран разжигения в полете.* При этом давление масла постепенно падает вследствие уменьшения его вязкости. Температура масла при этом несколько повышается. Рост температуры происходит из-за того, что в системе начинает циркулировать маловязкое масло, которое заполняет циркуляционный колодец маслобака. Следовательно, снижается поступление в систему холодного масла из других объемов маслобака.

Неисправность может сопровождаться выбросом масла в атмосферу через систему суфлирования картера и дренажную трубку маслобака вследствие переполнения картера маслом. Последнее происходит потому, что откачивающая ступень насоса МШ-8М не в состоянии откачать из картера все масло, так как его объем из-за насыщения парами бензина резко увеличивается, а вязкость уменьшается. Неисправность устраняется заменой крана разжигения.

Для предупреждения неисправности необходимо систематически проверять кран разжигения на герметичность.

8) *Неисправность редукционного клапана.* Падение давления масла может произойти вследствие потери упругости пружины редукционного клапана, ее поломки или нарушения регулировки клапана (самоотвинчивание втулки регулировочного винта). В этом случае необходимо устранить неисправность клапана и отрегулировать величину давления (см. выше).

9) *Неправильная регулировка редукционного клапана.* Если редукционный клапан отрегулирован на требуемое давление при низкой температуре масла (ниже +50° С), то при нагреве масла до рабочей температуры его давление снижается на всех режимах вследствие уменьшения вязкости. Чтобы избежать этой неисправности, необходимо проверять регулировку редукционного клапана на прогретом двигателе при температуре масла 60—75° С.

10) *Износ подшипников скольжения и маслоуплотнительных колец двигателя* приводит к уменьшению противодавления на выходе из нагнетающей ступени, вследствие чего прокачка масла через двигатель увеличивается, а давление снижается. При этом оно падает постепенно, по мере износа подшипников или маслоуплотнительных колец. Нормальное давление масла при износе подшипников может быть восстановлено только повторным регулированием редукционного клапана. При чрезмерном износе подшипников скольжения через увеличенные зазоры между их деталями в картер двигателя поступает большое количество масла. Это может сопровождаться выбросом масла из картера в атмосферу (см. ниже). В таком случае двигатель подлежит замене.

11) *Нарушение герметичности внешних соединений нагнетающей масломагистрали двигателя.* Давление масла снижается или падает до нуля, если нарушено какое-либо соединение нагнетающей магистрали двигателя. Особенно опасными в этом отношении являются внешние соединения. Нарушение герметичности или разрушение этих соединений в полете приводит к выбросу всего масла из системы в атмосферу.

Неплотности внешних соединений являются следствием неправильного их монтажа, определяются по местам выбивания масла и устраняются восстановлением их герметичности.

**2. Выброс масла через дренажную трубу масляного бака.** Причины выброса масла через дренажную трубу масляного бака могут быть следующие:

- наличие воды в масле;
- переполнение картера маслом;
- переполнение маслом масляного бака.

1) *Наличие воды в масле*, что приводит к выбросу из картера масла, как только его температура достигает точки кипения воды. При этом вода, вытекающая в картер вместе с маслом из зазоров двигателя, мгновенно испаряется, резко повышая давление в картере. Пары воды, выходя через систему суфлирования в масляный бак, по пути насыщаются маслом и увлекают его за собой.

Температура кипения воды снижается с увеличением высоты. Если на уровне моря она равна 100° С, то на высоте 3000 м снижается до 89,9° С, а на высоте 5000 м—до 83,2° С. Такие температуры имеет и масло в картере в то время, когда на входе в двигатель они равны 55—70° С. Следовательно, масло, в котором имеется вода, может быть выброшено из картера при нормальных рабочих температурах масла, и выброс его трудно прекратить снижением режима работы двигателя.

Наличие воды в масле, как правило, приводит к выбросу масла на режиме набора высоты после взлета и влечет за собой вынужденную посадку самолета. Устраняется неисправность путем замены недоброкачественного масла во всей масляной системе.

Необходимо учитывать, что попадание воды в масло и выброс его могут происходить в результате конденсации паров воды, проникающих из цилиндров в картер и через систему суфлирования — в масляный бак. Для удаления воды попавшей в масло этим путем необходимо периодически сливать 1—1,5 л

масла с нижней точки масляной системы (через сливное отверстие в маслорадиаторе).

2) *Переполнение картера маслом.* При переполнении маслом картера увеличивается барботаж, масло интенсивно смешивается с воздухом и газами, прорывающимися в картер через поршневые кольца, образуя масляно-воздушную эмульсию. Эмульсия заполняет внутренние полости картера и систему суфлирования, затрудняя выход газов в атмосферу. В результате давление газа в картере повышается.

Под действием повышенного давления в картере масляно-воздушная эмульсия выбрасывается через систему суфлирования, что сопровождается повышением температуры и падением давления масла.

Перегрев масла происходит вследствие длительного пребывания его в картере. Давление снижается в результате того, что масло поступает к насосу из бака вспененным и имеет пониженную вязкость, что приводит к снижению производительности нагнетающей ступени насоса.

Причинами переполнения картера маслом могут быть:

а) недостаточная откачка масла из маслоотстойника вследствие засорения его фильтра или подсоса воздуха на входе в откачивающую ступень насоса. Выброс масла в этом случае обычно сопровождается постепенным незначительным повышением его температуры.

Снижение режима работы двигателя в полете не устраниет выброса масла, так как с уменьшением оборотов резко уменьшается и производительность откачивающей ступени насоса, в то время как подача масла в двигатель нагнетающей ступенью практически остается постоянной во всем диапазоне рабочих чисел оборотов.

Для предупреждения неисправности необходимо систематически снимать и промывать фильтр маслоотстойника и проверять все соединения откачивающей магистрали между отстойником и насосом. Снимая фильтр отстойника, надо обращать внимание на количество масла, сливающегося из картера. Его должно быть не более 3,5 л.

Чтобы полностью слить масло из картера, необходимо медленно провернуть коленчатый вал за винт на два оборота. При этом все масло, скопившееся под поршнями в нижних цилиндрах, стечет в отстойник.

Подсос воздуха в откачивающую магистраль между маслоотстойником и насосом может быть даже при появлении самых незначительных неплотностей прокладок под фильтром отстойника, под задним фланцем отстойника, между половинами корпуса нагнетателя в местах прохода канала откачивающей магистрали, под опорным фланцем насоса.

Неисправность определяется по подтекам масла в местах неплотностей. При подтекании масла из-под фланца маслоотстойника или насоса необходимо заменить прокладки или подтянуть гайки. Подтекание масла из-под фильтра отстойника устраняется заменой прокладки.

Заменяя прокладки под фланцами маслоотстойника и маслонасоса, необходимо тщательно осмотреть поверхности фланцев: нет ли на них рисок, забоин, заусениц или наклела. Поврежденные места надо очистить бархатным надфилем, а прокладки смазать герметиком (шеллаком или свинцовыми белилами);

б) увеличенная прокачка масла через двигатель вследствие увеличения зазоров в подшипниках скольжения и главным образом между втулкой главного шатуна и шатунной шейкой коленчатого вала из-за значительного износа или начавшегося разрушения втулки. Неисправность вызывает падение давления масла и требует замены двигателя;

в) вспенивание масла в картере вследствие его перегрева за счет интенсивного прорыва газов через поршневые кольца или чрезмерного разжижения масла бензином. В результате этого ухудшаются условия работы откачивающей ступени масляного насоса, и они не в состоянии откачивать все масло из картера.

Иногда бывают случаи переполнения маслом картера у неработающего двигателя. Причиной этого является заедание в открытом положении перепускного клапана, установленного в канале задней крышки между насосом МШ-8М и фильтром МФМ-25.

Заедание клапана легко определить по течи масла из полости задней крышки картера для фильтра МФМ-25, после того как фильтр снят.

Для устранения неисправности достаточно промыть клапан керосином или бензином и убедиться, что после промывки он сел на седло. В случае необходимости для промывки клапана нужно снять насос МШ-8М.

3) *Переполнение маслом масляного бака* происходит по следующим причинам:

а) чрезмерное наполнение его маслом при заправке. Во время работы двигателя масло нагревается, вспенивается и заполняет весь свободный объем бака. Не помещающееся в баке масло выбрасывается частично в картер через суфлерные трубы, частично — в атмосферу через дренажную трубу.

С целью предупредить выбрасывание масла из бака по этой причине устанавливается предельно допустимое количество заправляемого в бак масла. При емкости маслобака самолета Ан-2 125 л разрешается заправлять не более 80 л масла;

б) поступление в бак из двигателя сильно вспененного масла через откачивающую магистраль;

в) поступление в бак масляной эмульсии через суфлерные трубы вследствие переполнения картера.

В случае выбрасывания масла из дренажной трубы маслобака в полете по любой причине необходимо немедленно перевести двигатель на пониженный режим работы и охладить масло до температуры 60—70°C.

Необходимо учитывать, что с повышением высоты полета возможность переполнения картера маслом, при прочих равных условиях, увеличивается, так как давление в картере понижается. Вследствие этого снижается производительность откачивающей ступени насоса и увеличивается вспенивание масла из-за

расширения содержащихся в нем воздуха, газов и паров бензина. Поэтому в случае выбрасывания масла из картера на высотах 1500—2000 м и более бывает достаточно снизиться на 300—500 м, и выбрасывание масла прекращается.

**3. Перегрев масла в полете.** Кроме причин, указанных выше, перегрев масла может быть вызван одной из следующих причин:

— перегрев двигателя из-за продолжительной работы на повышенных режимах (особенно при наборе высоты на малой скорости полета и при высокой температуре наружного воздуха);

— загрязнение сот воздушно-масляного радиатора; снаружи — пылью, внутри — отложениями посторонних примесей, имеющихся в масле, в результате чего ухудшается передача тепла от масла в воздух и температура масла медленно повышается.

Для предупреждения этого необходимо систематически во время технического обслуживания самолета промывать соты радиатора снаружи и снимать радиатор для промывки внутренних полостей (при каждой смене двигателя и через каждые 200 ч в районах, насыщенных атмосферной пылью);

— замерзание масла в сотах маслорадиатора при низких температурах. При этом масло проходит через радиатор, минуя соты, не охлаждается в нем, и температура его медленно повышается. По мере открытия заслонок радиатора температура масла повышается еще больше.

Для предупреждения неисправности необходимо одновременно с подогревом двигателя перед запуском подогревать и масляный радиатор.

При обнаружении замерзания масла в сотах радиатора в полете необходимо отогреть радиатор, для чего полностью закрыть его заслонки, снизить режим работы двигателя до обеспечения минимально допустимой скорости горизонтального полета, довести температуру масла до 80—85° С и продолжать полет при такой температуре 5 мин, после чего, постепенно приоткрывая заслонки, довести температуру масла до 60—70° С.

Если таким способом радиатор отогреть не удается, то необходимо произвести посадку, так как дальнейшее повышение температуры масла неизбежно приведет к выбросу его, к падению давления и полному отказу двигателя в работе.

**4. Повышенный расход масла.** Расход масла двигателя за счет сгорания его в цилиндрах во время работы на эксплуатационных режимах не должен превышать 15 г/л. с. ч., что соответствует часовому расходу около 7—10 л/час. Практически часовой расход масла иногда может достигнуть 15 л/ч и больше.

Причинами повышенного расхода масла могут быть:

— износ поршневых колец и гильз цилиндров;

— износ направляющих клапанов;

— попадание масла в полость нагнетателя через уплотнение валика крыльчатки.

Методы определения этих неисправностей и способы устранения их изложены в пособиях по темам №№ 3, 6, 7.

Масло в бак перед рейсом заправляется из расчета 15 л на час полета. Независимо от продолжительности рейса в бак должно быть заправлено не менее 50 л масла.

## ГЛАВА 11. ПИТАНИЕ ТОПЛИВА ДВИГАТЕЛЯ АШ-62ИР.

### 1. СХЕМА ПИТАНИЯ ТОПЛИВОМ ДВИГАТЕЛЯ АШ-62ИР

Принципиальная схема питания двигателя АШ-62ИР топливом показана на рис. 1. Топливо из топливного бака по трубопроводу поступает к топливному насосу БНК-12БК. По пути оно проходит через сетчатый фильтр-отстойник 3, в котором задерживаются механические частицы и вода. Из топливного насоса под относительным давлением 0,3—0,35 кгс/см<sup>2</sup> топливо поступает в карбюратор АКМ-62ИРА, пройдя предварительно через общий фильтр тонкой очистки 13 и сетчатый фильтр на входе в каждую поплавковую камеру.

Параллельно фильтру-отстойнику в топливную магистраль включен ручной насос 5, позволяющий создать давление топлива в трубопроводе между насосом и карбюратором перед запуском двигателя.

Из поплавковых камер карбюратора бензин вытекает в смесительные камеры. Здесь он смешивается с атмосферным воздухом и в виде топливовоздушной смеси поступает в нагнетатель и затем в цилиндры двигателя.

Воздух из атмосферы подводится в карбюратор через воздухоприемник 11. Перемешиваясь с топливом в смесительных камерах карбюратора, воздух охлаждается. Температура его за счет испарения топлива значительно снижается, иногда до отрицательных значений, что может привести к выпадению из воздуха атмосферной влаги в виде инея, к образованию ледяных корок на стенках смесительных камер и на дроссельных заслонках и к нарушению нормальной работы карбюратора. При низких температурах воздуха, поступающего в карбюратор испарение бензина и перемешивание его с воздухом затруднено. Это ухудшает смесеобразование и также может привести к нарушению нормальной работы двигателя.

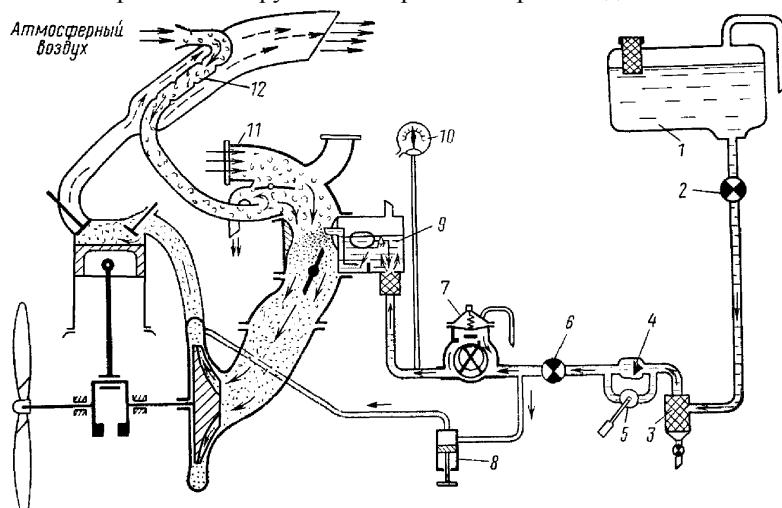


Рис. 11-1. Принципиальная схема питания двигателя АШ-62ИР топливом:

1 — бензиновый бак; 2 — перекрывающий кран; 3 — фильтр-отстойник; 4 — обратный клапан;

5 — ручной насос; 6 — противопожарный кран; 7 — бензонасос БНК-12БК; 8 — заливочный шприц; 9 — карбюратор АКМ-62ИРА; 10 — манометр бензина; 11 — воздухоприемник; 12 — жаровая труба; 13 — фильтр тонкой очистки

Для предотвращения этого служит подогреватель воздуха, поступающего в карбюратор.

Воздух подогревается в специальных жаровых трубах 12, установленных внутри выхлопного коллектора. Управление подогревом воздуха осуществляется вручную из кабины пилота.

Для очистки от пыли поступающего в карбюратор воздуха при работе двигателя на земле и при полетах в атмосфере, насыщенной пылью, в конструкции воздухоприемника предусмотрен специальный пылефильтр. Постановка пылефильтра значительно уменьшает износ труящихся поверхностей деталей двигателя (в первую очередь деталей цилиндро-поршневой группы) и засорение масла в масляной системе двигателя АШ-62ИР.

Таким образом, агрегатами двигателя, обеспечивающими питание его топливом, являются: карбюратор АКМ-62ИРА, воздухоприемник с устройством для подогрева и фильтрации воздуха, поступающего в карбюратор, и топливный насос БНК-12БК. Все другие агрегаты относятся к топливной системе самолета.

## 2. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О РАБОТЕ КАРБЮРАТОРА ПОРШНЕВОГО ДВИГАТЕЛЯ

### 2.1. НАЗНАЧЕНИЕ КАРБЮРАТОРА И ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К НЕМУ ТРЕБОВАНИЯ

Карбюратор авиационного поршневого двигателя предназначен для приготовления топливно-воздушной смеси. При этом карбюратор обеспечивает распыление и последующее испарение поступающего в него топлива.

Карбюратор авиационного двигателя должен удовлетворять следующим требованиям:

- обеспечивать легкий запуск, устойчивую работу двигателя на всех режимах;
- обеспечивать наибольшую экономичность двигателя, возможность вручную регулировать расход топлива;
- обеспечивать приемистость двигателя, т.е. быстрый и плавный переход с пониженных режимов работы двигателя на повышенные;
- обеспечивать нормальную работу двигателя при любом положении самолета в воздухе;
- обеспечивать пожарную безопасность;
- быть удобным в эксплуатации и управлении.

Основное требование, предъявляемое к карбюратору — автоматическое поддержание потребного состава топливно-воздушной смеси на всех режимах работы двигателя, при всех условиях полета. Состав смеси количественно оценивается по величине коэффициента избытка воздуха  $\alpha$ . Потребная зависимость коэффициента  $\alpha$  от режима работы двигателя приведена на рис. 2.

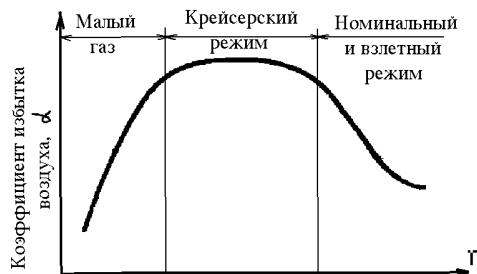


Рис. 11-2. Потребная зависимость коэффициента избытка воздуха от режима работы двигателя

Как видно из рисунка 2, на графике можно выделить три характерных участка, соответствующих работе двигателя на режиме малого газа, крейсерском режиме, номинальном и взлетном режимах.

На режиме малого газа в цилиндры необходимо подавать «богатую» топливно-воздушную смесь с коэффициентом  $\alpha = 0,5—0,8$ , причем, чем ниже режим работы двигателя, тем меньше  $\alpha$ . Это объясняется следующим.

Карбюратор рассчитан и оптимизирован для работы на крейсерских режимах, поэтому при работе двигателя на режиме «малый газ» ухудшается испарение топлива в карбюраторе, большая часть топлива поступает в цилиндры в виде капель жидкости и не участвует в горении. Для гарантированной подачи топлива в паровой фазе его необходимо подавать с избытком, т.е. смесь должна быть обогащена. Кроме того, избыток топлива в цилиндрах способствует быстрому увеличению мощности двигателя при резком открытии дроссельной заслонки карбюратора, что снижает время перехода двигателя с режима «малый газ» на повышенные режимы.

На крейсерских режимах работы двигателя коэффициент избытка воздуха должен быть максимальным и приблизительно постоянным ( $\alpha = 0,85—0,95$ ). Это объясняется тем, что карбюратор обеспечивает качественную подготовку топливно-воздушной смеси, в цилиндры топливо поступает в паровой фазе, полнота его сгорания максимальная. Поэтому, по сравнению с режимом «малый газ», в цилиндры необходимо подавать «обедненную» смесь. Кроме того, при работе двигателя на «обедненной» смеси снижается расход топлива, что позволяет самолету выполнять полет с большей дальностью и продолжительностью.

На номинальном и взлетном режимах в цилиндры двигателя должна поступать «богатая» смесь с  $\alpha = 0,6—0,8$ . Это необходимо для того, чтобы обеспечить сгорание в цилиндрах максимально возможного количества топлива и, тем самым, повысить мощность двигателя. Кроме того, несгоревшее топливо будет способствовать охлаждению цилиндров, предотвращая детонационное горение.

## 2.2. ПРИНЦИП РАБОТЫ КАРБЮРАТОРА

### 2.2.1. ЭЛЕМЕНТАРНЫЙ КАРБЮРАТОР

Работу элементарного карбюратора рассмотрим, используя его принципиальную схему на рис. 3.

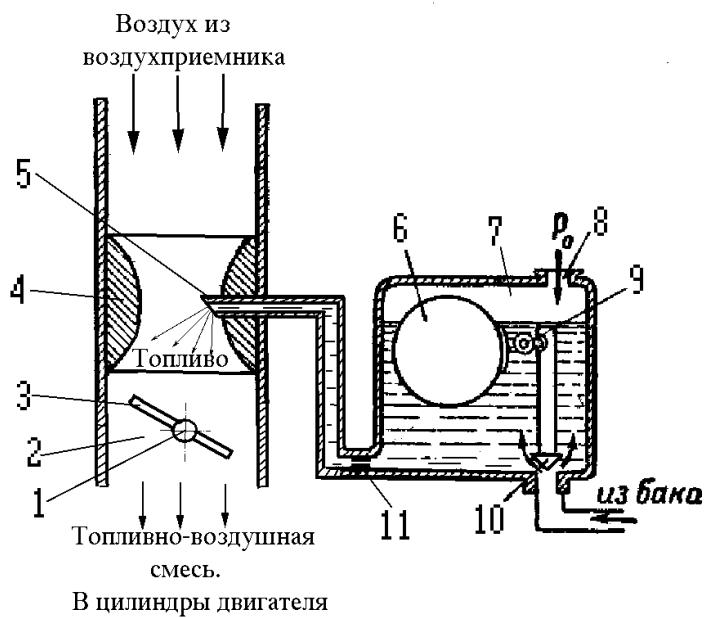
Основными частями элементарного карбюратора являются: поплавковая камера 7, топливный жиклер 11, распылитель 5, диффузор 4, дроссельная заслонка 3, смесительная камера 2.

При работе двигателя в поплавковой камере посредством поплавка 6 и игольчатого клапана 10 автоматически поддерживается постоянный уровень топлива.

Поплавок и игольчатый клапан связаны между собой рычагом, вращающимся на оси 9. При опускании поплавка 6 игольчатый клапан 10 поднимается, открывая отверстие для доступа топлива в поплавковую камеру, и, наоборот, при поднятии поплавка происходит опускание игольчатого клапана, прекращающее поступление топлива в камеру.

При отсутствии топлива в поплавковой камере поплавок под влиянием своего веса опускается и поднимает иглу, открывая тем самым доступ топливи из бака или от топливного насоса. По мере наполнения поплавковой камеры поплавок вслыхивает, опуская иглу вниз. Когда уровень топлива в камере достигнет определенной величины, игла закроет входное отверстие, прекратив тем самым дальнейшее поступление топлива в поплавковую камеру. При понижении уровня топлива ниже установленного поплавок опускается и вновь открывает отверстие для поступления топлива. Таким образом, поплавковый механизм при работе двигателя все время поддерживает постоянный уровень топлива в поплавковой камере.

Поплавковая камера через отверстие 8 сообщена с окружающей средой, поэтому топливо в поплавковой камере находится все время под атмосферным давлением  $P_o$ .



*Рис.11-3. Схема элементарного карбюратора:*

1—ось дроссельной заслонки; 2—смесительная камера; 3—дроссельная заслонка; 4—диффузор; 5—распылитель; 6—поплавок; 7—поплавковая камера; 8—отверстие для воздуха; 9—ось поплавка; 10—игольчатый клапан; 11—топливный жиклер

Из поплавковой камеры топливо через жиклер 11 поступает к распылителю 5, верхний обрез которого расположен несколько выше самого узкого сечения диффузора.

Жиклер 11 предназначен для дозировки топлива, поступающего в смесительную камеру. Топливо распыляется в смесительную камеру 2, где происходит перемешивание его, с воздухом и частичное испарение. В нижней части смесительной камеры на оси 1 укреплена дроссельная заслонка 3, с помощью которой регулируется количество топливовоздушной смеси, поступающей в цилиндры, т. е. регулируется мощность и число оборотов двигателя. Заслонкой управляет летчик из кабины при помощи рычага газа и системы тяг.

Суживающаяся часть смесительной камеры называется диффузором. Диффузор 4 выполняется в виде отдельной детали.

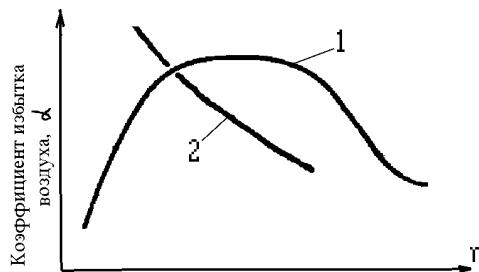
Принцип работы элементарного карбюратора заключается в следующем.

При движении поршня к НМТ в такте впуска в цилиндре двигателя создается пониженное по сравнению с окружающим воздухом давление (разрежение), которое через открытый, впускной, клапан цилиндра передается во впускной трубопровод двигателя. Под действием разрежения атмосферный воздух поступает в цилиндры двигателя. Так как по пути движения воздуха в цилиндры установлен диффузор карбюратора, то при проходе воздуха, через узкое сечение диффузора скорость его увеличивается, а давление соответственно понижается (закон Бернулли). Вследствие понижения давления в диффузоре возникает разность между атмосферным давлением в поплавковой камере  $P_0$  и давлением в диффузоре, где расположен распылитель. Под действием этой, разности давлений топливо, находящееся в распылителе на одном уровне с топливом в поплавковой камере, сначала поднимается до обреза распылителя, а при дальнейшем увеличении разрежения начинает вытекать в диффузор. В диффузоре топливо подхватывается потоком воздуха и распыляется. Одновременно начинается испарение топлива. Значительная часть топлива успевает полностью испариться; и перемешаться с воздухом еще во впускном трубопроводе. Полностью же процесс испарения заканчивается уже в цилиндре двигателя в такте сжатия.

Исследование работы элементарного карбюратора показывает, что он не удовлетворяет ряду требований, предъявляемых к нему.

Во-первых, элементарный карбюратор не обеспечивает подачи топлива при запуске на малых оборотах двигателя, так как при этих условиях разрежение в диффузоре оказывается недостаточным, для подсоса топлива из распылителя.

Во-вторых, он не обеспечивает на всех режимах работы питания двигателя смесью надлежащего состава. Так, например, если подобрать жиклер такого сечения, при котором на пониженных оборотах двигателя карбюратор будет обеспечивать смесь необходимого состава, то при увеличении оборотов смесь будет непрерывно обогащаться, в то время как при работе на крейсерских режимах требуется для получения экономичной работы обеднение смеси до  $\alpha=0,90—1,0$  и последующее постепенное обогащение ее при переходе к номинальным и взлетным режимам (см. рис. 4).



*Рис. 11-4. Потребная (1) и располагаемая для элементарного карбюратора(2) зависимости коэффициента избытка воздуха от режима работы двигателя*

Такая работа карбюратора объясняется, следующим.

При увеличении количества воздуха, проходящего через диффузор карбюратора, увеличивается скорость воздуха, а, следовательно, и величина разрежения в диффузоре, что вызывает непрерывное повышение разности давлений, между поплавковой камерой и диффузором и приводит к увеличению, истечения топлива через жиклер постоянного сечения. При этом количество поступающего в диффузор топлива возрастает быстрее чем количество засасываемого двигателем воздуха. В результате этого нарушается соотношение между воздухом и топливом в смеси в сторону ее обогащения.

В-третьих, элементарный карбюратор не обеспечивает постоянного состава смеси с подъемом на высоту. Это объясняется тем, что при увеличении высоты полета количество воздуха, проходящего через диффузор карбюратора, уменьшается за счет понижения плотности окружающей среды, тогда как количество топлива, подаваемого карбюратором, изменяется весьма незначительно, что приводит к сильному обогащению смеси с высотой.

Поэтому элементарный карбюратор на авиационных поршневых двигателях не применяется.

## 2.2.2.ПУЛЬВЕРИЗАЦИОННЫЙ КАРБЮРАТОР

Пульверизационным называется такой карбюратор, у которого через распылитель в диффузор осуществляется подача топливно-воздушной эмульсии. Схема пульверизационного карбюратора приведена на рис 5. Как видно из рисунка, состав и, следовательно, принцип работы пульверизационного карбюратора в

целом аналогичны элементарному. Отличие заключается в том, что в пульверизационном карбюраторе имеется дополнительный воздушный канал с воздушным жиклером. Воздух, поступающий в карбюратор, имеет возможность проходит как в диффузор, так и в воздушный канал. Поступая в канал, воздух перемешивается с топливом до его поступления в распылитель. Поэтому из сопла распылителя в смесительную камеру будет подаваться топливно-воздушная эмульсия. Это способствует улучшению испарения топлива, повышению полноты его сгорания.

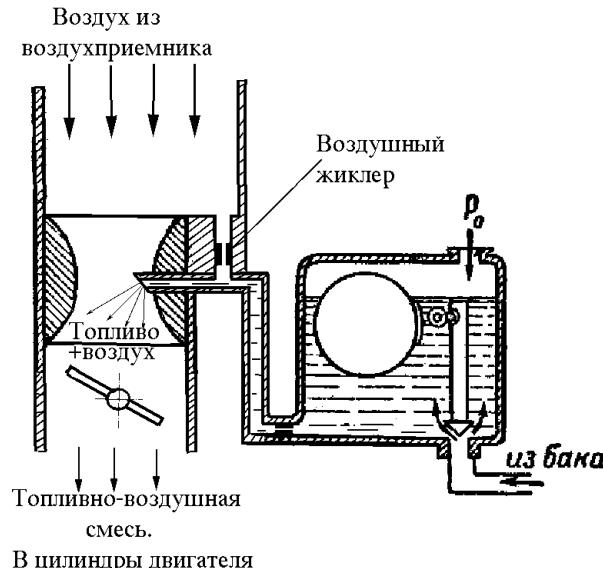


Рис. 11-5. Схема пульверизационного карбюратора

Кроме того, как видно на рис. 5, воздушный канал расположен таким образом, что с увеличением режима работы двигателя возрастает расход воздуха через воздушный жиклер. Поэтому на повышенных режимах работы двигателя в цилиндры поступает обедненная, по сравнению с элементарным карбюратором, смесь. Изменение состава смеси для пульверизационного карбюратора при изменении режима работы двигателя приведено на рис.6.

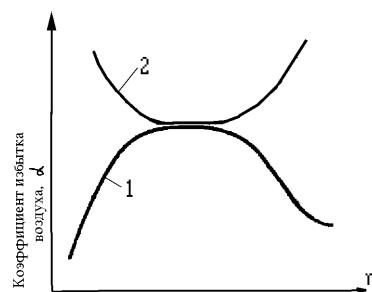


Рис. 11-6. Потребная (1) и располагаемая для пульверизационного карбюратора (2) зависимости коэффициента избытка воздуха от режима работы двигателя

Как видно из рисунка 6 пульверизационный карбюратор обеспечивает требуемый состав смеси на крейсерских режимах работы двигателя. Поэтому пульверизационные карбюраторы широко применяются на авиационных поршневых двигателях.

Однако на режиме малый газ, а также на номинальном и взлетном режимах в цилиндры подается обедненная смесь. Это объясняется следующим:

- на режиме малый газ расход воздуха через воздушный жиклер небольшой и пульверизационный карбюратор работает как элементарный, повторяя его характеристику (см. график 2 на рис.4);
- на номинальном и взлетном режимах давление воздуха за воздушным жиклером возрастает настолько, что препятствует подаче топлива к распылителю, вследствие чего происходит обеднение смеси.

Кроме того, пульверизационный карбюратор сохраняет недостаток элементарного — зависимость состава смеси от высоты полета.

Поэтому на существующих пульверизационных карбюраторах авиационных двигателей дополнительно установлены системы, и устройства которые включаются в работу на малом газе, номинальном и взлетном режимах при изменении высоты полета и в результате обеспечивают соответствие располагаемой и потребной зависимости. Работа этих систем и устройств будет рассмотрена ниже.

### 3. КАРБЮРАТОР АКМ-62ИР

#### 3.1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КАРБЮРАТОРА АК-62ИР

Карбюратор (рис. 7) является агрегатом, предназначенным для приготовления топливно-воздушной смеси.

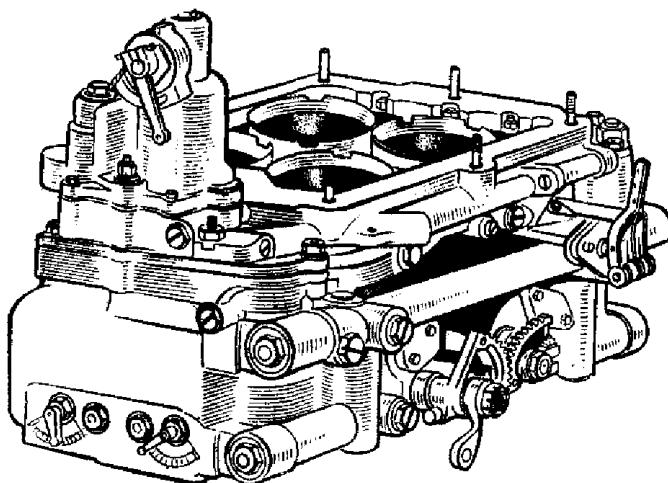


Рис.11-7. Карбюратор АК-62ИР

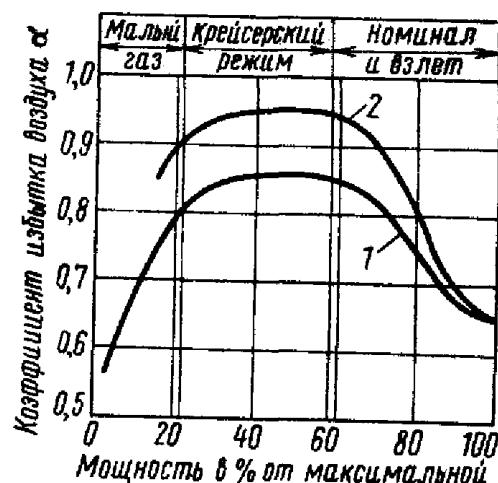


Рис.11-8. Изменение качества смеси в зависимости от режима работы двигателя:  
1 — нормальная смесь; 2 — бедная смесь

Главное требование, предъявляемое к карбюратору, — обеспечить приготовление достаточно однородной смеси определенного состава на всех режимах работы двигателя. На взлетном режиме горючая смесь должна быть обогащена до  $\alpha=0,6—0,7$  с целью получить наибольшую мощность, избежать перегрева цилиндров и детонации двигателя. На крейсерских режимах смесь, наоборот, должна быть наиболее бедной ( $\alpha=0,85—0,95$ ) для достижения наименьшего расхода топлива. На режиме малого газа требуется смесь, обогащенная до  $\alpha=0,5—0,6$ . Это необходимо для обеспечения устойчивой работы двигателя на режиме малого газа, хорошей его приемистости и легкого запуска.

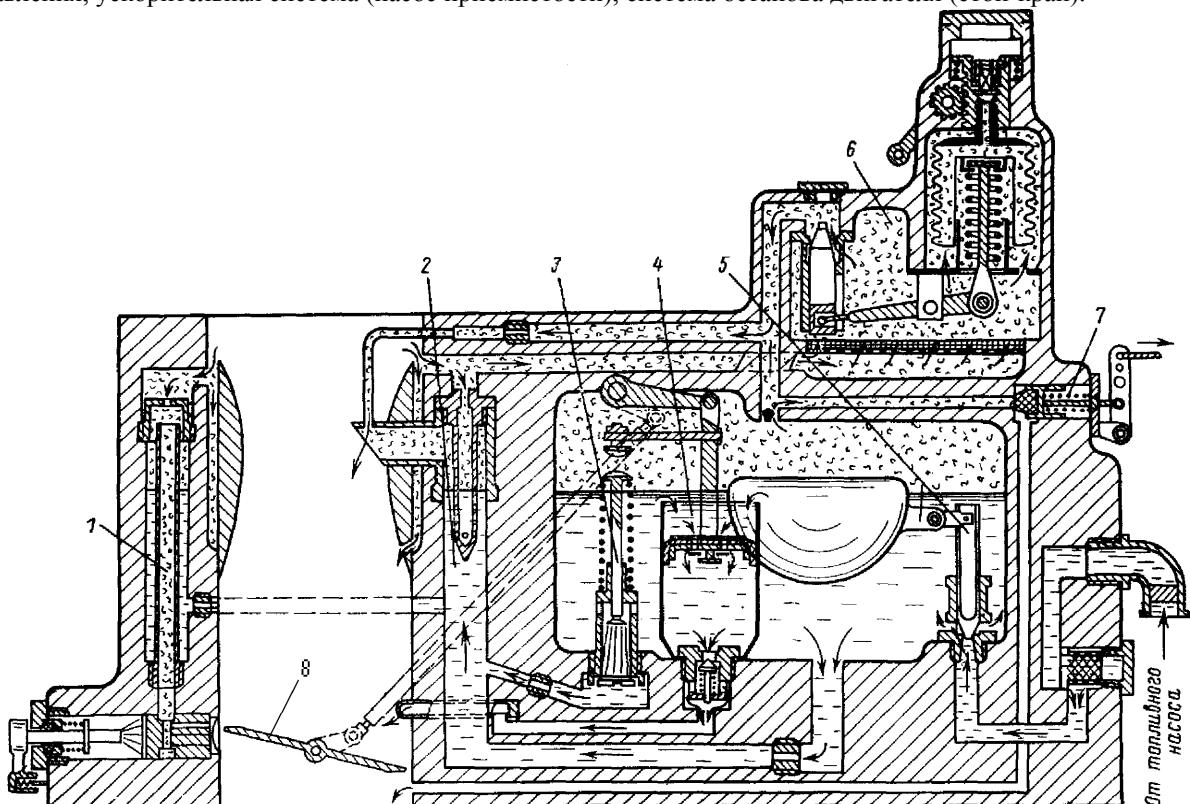
Характеристика изменения состава смеси в зависимости от режима работы двигателя для отечественных

серийных карбюраторов показана на рис. 8.

Кроме того, карбюратор должен автоматически корректировать состав смеси в зависимости от высоты, допускать в полете на крейсерских режимах обедненные смеси вручную и ручное выключение подачи топлива при остановке двигателя, обеспечивать хорошую приемистость двигателя, быть безопасным в пожарном отношении при обратных вспышках смеси, иметь небольшой вес, габариты и удобный доступ к регулирующим элементам.

Карбюратор АКМ-62ИРА — пульверизационный, перевернутого типа, с двумя поплавковыми и четырьмя смесительными камерами (рис. 9). В верхней части каждой смесительной камеры установлен диффузор, в нижней части помещена дроссельная заслонка.

Основными узлами карбюратора являются: поплавковый механизм, система малого газа, главная дозирующая система, система экономайзера, автоматический высотный корректор с механизмом ручного управления, ускорительная система (насос приемистости), система останова двигателя (стоп-кран).



*Рис.11-9. Принципиальная схема карбюратора АКМ-62ИРА:*  
 1 — система малого газа; 2 — главная дозирующая система; 3 — экономайзер;  
 4 — насос приемистости; 5 — поплавковый механизм; 6 — высотный корректор; 7 — стоп-кран; 8 — дроссельная заслонка

### 3.2.

### ПОПЛАВКОВЫЙ МЕХАНИЗМ

Поплавковый механизм предназначен для поддержания постоянного уровня топлива в поплавковых камерах карбюратора. Изменение уровня топлива в них изменяет величину перепада давлений, под действием которого топливо вытекает из жиклеров, и может привести к недопустимому обеднению или обогащению смеси на всех режимах.

В каждой поплавковой камере имеется свой поплавковый механизм (рис. 10), принцип работы которого заключается в следующем. По мере заполнения поплавковой камеры топливом поплавок всплывает и, когда уровень топлива достигает определенной высоты, игла садится на седло гнезда и прекращает дальнейший приток топлива. Как только бензин начинает расходоваться из поплавковой камеры, поплавок опускается вместе с уровнем. Игла поднимается над седлом, и в поплавковую камеру поступает количество топлива, строго соответствующее расходу его из камеры.

При изменении режимов работы двигателя меняется и расход бензина из поплавковой камеры. В соответствии с этим игла открывает клапан на большую или меньшую величину.

Таким образом, уровень топлива в поплавковой камере изменяется в зависимости от его расхода. Однако

если поплавковый механизм исправлен и давление топлива под иглой неизменно, то уровень практически изменяется не более чем на 1 мм, что не отражается на качестве смеси, приготовляемой карбюратором.

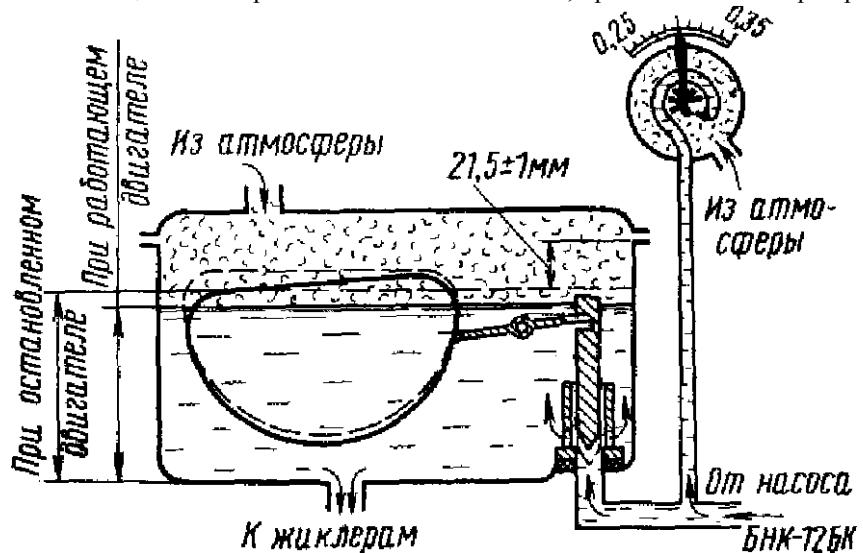


Рис.11-10. Устройство и работа поплавкового механизма

Поплавковый механизм отрегулирован так, чтобы при избыточном давлении топлива под иглой  $0,25—0,35 \text{ кгс}/\text{см}^2$  в поплавковой камере поддерживается уровень топлива на  $21,5\pm1 \text{ мм}$  ниже плоскости разъема корпуса и крышки карбюратора (см. рис. 10).

### 3.3. СИСТЕМА МАЛОГО ГАЗА

Система малого газа (рис. 11) служит для приготовления смеси необходимого качества в момент при запуске двигателя и при работе его на малых оборотах, а также для обеспечения совместно с главной дозирующей системой плавного перехода с малых на средние обороты.

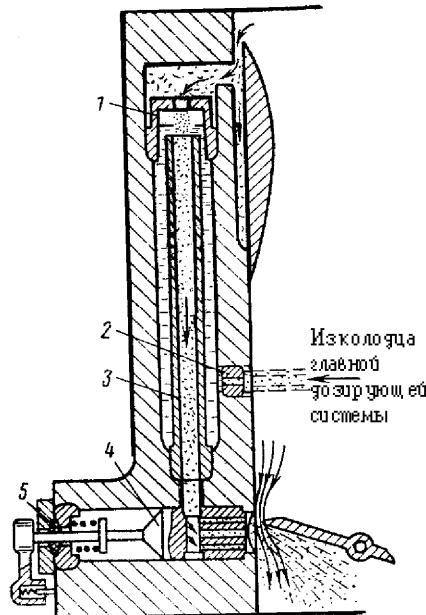


Рис.11-11. Устройство и работа системы малого газа:  
1 — воздушный жиклер; 2 — топливный жиклер; 3 — трубка; 4 — форсунка; 5 — сальник

Карбюратор имеет четыре одинаковые системы малого газа, работающие параллельно. Каждая из них обслуживает одну смесительную камеру. Одна поплавковая камера обслуживает две системы малого газа. В

каждую систему малого газа входят форсунка 4, трубка 3, воздушный жиклер 1, топливный жиклер 2.

Система малого газа работает следующим образом. На неработающем двигателе топливо из поплавковой камеры через главный жиклер поступает в колодец главной дозирующей системы, откуда через жиклер малого газа 2 диаметром 1,38 мм проходит в колодец малого газа и заполняет полость вокруг трубы 3 до уровня топлива в поплавковой камере.

В момент запуска и при работе двигателя на малых оборотах дроссельная заслонка карбюратора прикрыта. Между ней и стенкой смесительной камеры, в месте расположения форсунки малого газа, остается лишь небольшая щель. Скорость движения воздуха в этой щели велика, в результате чего в ней возникает значительное разрежение. Последнее передается через каналы форсунки 4 и трубке 3 в верхнюю часть колодца малого газа. Под действием разрежения топливо в колодце поднимается, смешивается на входе в трубку с воздухом, поступающим через воздушный жиклер малого газа диаметром 1,3 мм, откуда в виде крупно распыленной бензино-воздушной эмульсии поступает к форсунке, а затем через 3 калиброванных отверстия в ней выходит в смесительную камеру. Здесь происходит второе смешение бензина с воздухом, сопровождающееся более интенсивным распылением бензина.

Поступление топлива в колодец малого газа ограничено пропускной способностью топливного жиклера малого газа 2, которая зависит от его сечения, а также от перепада давлений перед жиклером и за ним.

По мере открытия дроссельной заслонки и увеличения числа оборотов количество воздуха, проходящего через смесительную камеру, увеличивается. Вместе с тем разрежение в щели между заслонкой и стенкой смесительной камеры, а следовательно, и в колодце малого газа уменьшается. В результате этого уменьшается истечение топлива из жиклера, и смесь, приготовляемая системой малого газа, обедняется.

Когда число оборотов коленвала 1350—1400 об/мин истечение бензина из жиклера малого газа прекращается. При дальнейшем увеличении числа оборотов воздух через систему малого газа начинает двигаться в обратном направлении, так как разрежение в колодце главной дозирующей системы становится выше, чем в колодце системы малого газа.

Состав смеси, приготовляемый системой малого газа, на различных числах оборотов определяется соотношением сечений топливного и воздушного жиклеров малого газа (рис. 12).

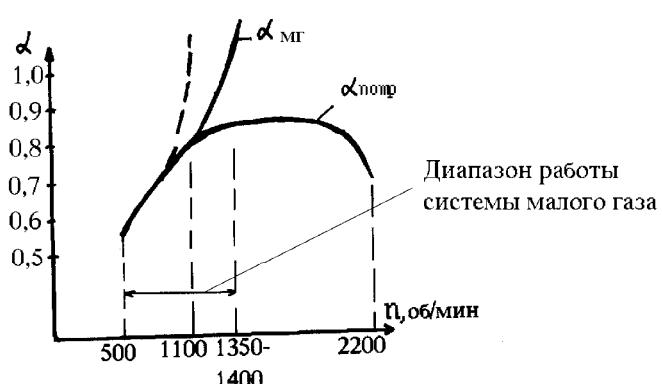


Рис. 11-12. Состав топливо-воздушной смеси, приготовляемой системой малого газа

Как видно из рисунка, система малого газа приготовляет смесь необходимого состава ( $\alpha_{\text{MG}} \approx \alpha_{\text{потр}}$ ) только в диапазоне 500—1000 об/мин. На больших оборотах она дает смесь беднее, чем необходимо для нормальной работы двигателя. Это обеднение компенсируется тем, что примерно при оборотах  $n = 1000$  об/мин начинает действовать главная дозирующая система, через которую в смесительную камеру подается дополнительное количество топлива.

Большое влияние на работу системы малого газа оказывает включенный в нее воздушный жиклер. Он имеет двоякое назначение.

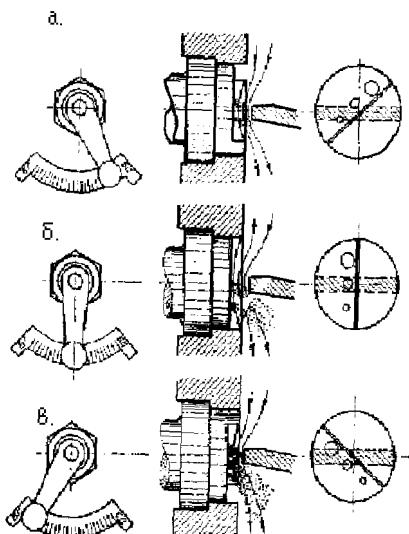
Во-первых, наличие воздушного жиклера обеспечивает торможение истечения топлива из топливного жиклера, за счет чего состав смеси приготовляемый системой малого газа  $\alpha_{\text{MG}}$ , не так резко обедняется (пунктир на рис. 12) и в большем диапазоне оборотов совпадает с составом смеси, потребным для нормальной работы двигателя  $\alpha_{\text{потр}}$ .

Во-вторых, наличие воздушного жиклера улучшает перемешивание топлива с воздухом и обеспечивает приготовление более однородной смеси.

Качество смеси на малом газе может быть отрегулировано поворотом форсунок малого газа. При повороте

форсунки изменяется положение уступа на ее торце относительно направления движения воздуха в щели между дроссельной заслонкой и стенкой смесительной камеры (рис. 13). Кроме того, как видно из рисунка, меняется положение трех калиброванных отверстий форсунки относительно самой щели, т. е. места наибольшего разрежения.

Если повернуть форсунку уступом против потока воздуха (Рис. 13, а), то верхнее отверстие большего диаметра будет удалено от щели, и у всех трех отверстий создается подпор. Разрежение в колодце системы газа и истечение эмульсии в смесительную камеру уменьшаются, и смесь обедняется.



*Рис. 11-13. Регулирование состава смеси на малом газе поворотом форсунок малого газа:  
а — предельно бедная смесь; б — нормальная смесь; в — предельно богатая смесь*

При повороте уступа по потоку (см. рис. 13, в) за ним создаются дополнительные завихрения, что приводит к повышению разрежения у отверстий форсунки. Отверстие большого диаметра при этом приближается к зоне наибольшего разрежения в щели. В результате разрежение в колодце системы малого газа увеличивается и смесь обогащается.

При повороте форсунки необходимо ориентироваться по меткам «БГ» и «БД» на контровочном секторе ее рычага. При повороте рычага в сторону метки «БГ» смесь обогащается, а в сторону метки «БД» — обедняется.

Регулирование оборотов малого газа (количественная регулировка) осуществляется упорным винтом, имеющимся на левом секторе оси дроссельных заслонок (см. рис. 27).

#### 3.4. ГЛАВНАЯ ДОЗИРУЮЩАЯ СИСТЕМА

Главная дозирующая система обеспечивает приготовление смеси требуемого состава на средних оборотах. Кроме того, она совместно с системой малого газа обеспечивает плавный переход с малых оборотов на средние и совместно с экономайзером — обогащение смеси на больших оборотах.

Карбюратор имеет четыре главные дозирующие системы, каждая из которых обслуживает одну смесительную камеру. Одна поплавковая камера обслуживает две главные дозирующие системы.

Каждая главная дозирующая система (рис. 14) состоит из распылителя 5, главного воздушного жиклера 1 диаметром 1,8 мм, трубы главного воздушного жиклера 2, главного бензинового жиклера диаметром 3,1—3,3 мм.

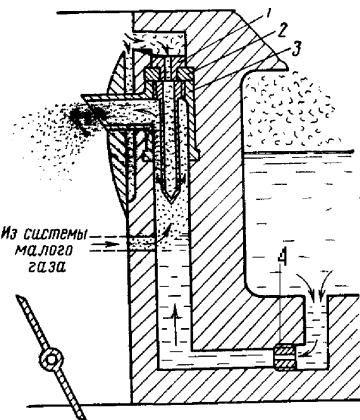


Рис. 11-14. Схема устройства и работы главной дозирующей системы: 1 — главный воздушный жиклер; 2 — трубка главного воздушного жиклера; 3 — распылитель; 4 — бензиновый жиклер

Главная дозирующая система вступает в работу примерно при  $n = 1000$  об/мин. При этом под действием разрежения в диффузоре, передаваемого через распылитель, топливо поднимается в колодце

системы до уровня выходного отверстия распылителя и в незначительном количестве поступает в смесительную камеру.

Трубка воздушного жиклера 2 опустошается, и через ее отверстия в колодец поступает воздух, обеспечивая начальное дробление бензина.

При дальнейшем увеличении числа оборотов разрежение в диффузоре, а вместе с тем и поступление топлива через распылитель увеличивается. Одновременно увеличивается и поступление воздуха в колодец через трубку воздушного жиклера.

Количество топлива, поступающего в колодец, определяется пропускной способностью главного бензинового жиклера. Последняя, так же как и для жиклеров малого газа, зависит от его сечения и от перепада давлений перед жиклером и за ним.

В диапазоне от 1000 до 1350—1400 об/мин разрежение в самом узком сечении диффузора меньше, чем в щели между дроссельной заслонкой и стенкой смесительной камеры. Соответственно давление в колодце главной дозирующей системы больше, чем в колодце системы малого газа, и она работает параллельно с главной дозирующей системой. При этом количество эмульсии, поступающей из форсунки малого газа и из распылителя главной дозирующей системы, обеспечивает состав смеси, необходимый для плавного перехода двигателя с малых оборотов на средние.

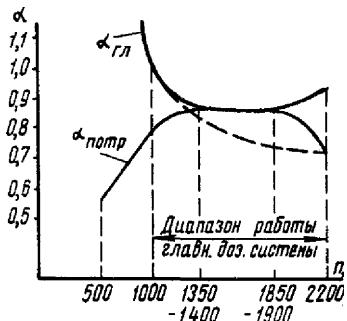


Рис. 11-15. Состав горючей смеси, приготовляемой главной дозирующей системой

При числе оборотов выше 1350—1400 в минуту давление у выходных отверстий форсунок и в колодце системы малого газа становится больше, чем в колодце главной дозирующей системы. Через топливный жиклер малого газа в главную дозирующую систему начинают поступать воздух из атмосферы (через воздушный жиклер) и смесь из смесительной камеры (через отверстия форсунки). Это обеспечивает дополнительное смешение топлива с воздухом в главной дозирующей системе.

Качество смеси, приготовляемой главной дозирующей системой и различных оборотах, зависит от соотношения сечений главного топливного и главного воздушного жиклеров. Как видно (рис. 15), главная дозирующая система приготавливает смесь необходимого устава только в диапазоне от 1350—1400 до 1850—1900 об/мин на меньших и больших оборотах смесь становится беднее необходимой. Это обеднение

компенсируется совместной работой главной дозирующей системы с системой малого газа на малых оборотах (от 1000 до 1350—1400 об/мин) и с экономайзером — на больших оборотах (от 1850—1900 об/мин и выше).

Характер изменения состава смеси, приготовляемой главной дозирующей системой, в зависимости от числа оборотов объясняется наличием в ней воздушного жиклера. Так же как и в системе малого газа, этот жиклер служит для торможения истечения топлива из главного жиклера и улучшения перемешивания топлива с воздухом.

С увеличением числа оборотов торможение увеличивается, что исключает чрезмерное обогащение смеси (пунктир на рис. 15).

### 3.5. СИСТЕМА ЭКОНОМАЙЗЕРА

Система экономайзера (рис. 16) служит для обогащения смеси на больших оборотах. Она включает в себя собственно экономайзер, состоящий из конического клапана 5 гнезда клапана 4, пружины 3, удерживающей клапан в закрытом положении, и два топливных жиклера 1 диаметром 3,3 мм.

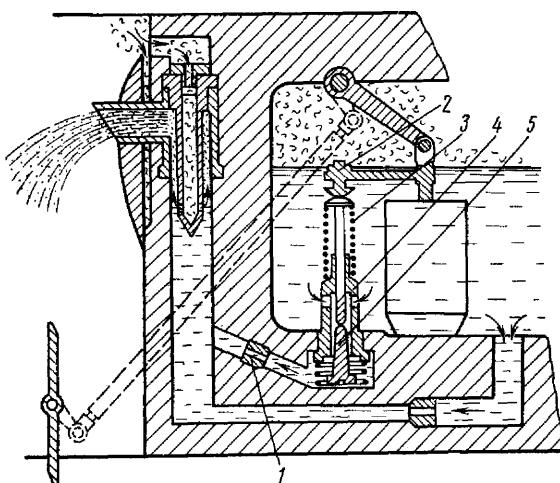


Рис.11-16. Схема устройства и работы экономайзера.

1 — жиклер экономайзера; 2 — регулировочный винт; 3 — пружина; 4 — гнездо клапана экономайзера; 5 — клапан экономайзера

Экономайзер установлен в правой поплавковой камере. Клапан экономайзера открывается регулировочным винтом рычага 2, укрепленным на штоке поршня приемистости, который в свою очередь связан рычажной передачей с правой осью дроссельных заслонок.

Экономайзер вступает в работу при открытии дроссельных заслонок на угол  $16^{\circ}30'$ , который соответствует 1850—1900 об/мин. (на земле при малом шаге винта). Жиклеры системы экономайзера установлены в каналах корпуса карбюратора, сообщающих, два правых колодца главной дозирующей системы с полостью под клапаном экономайзера. Таким образом, система экономайзера обслуживает только две правые смесительные камеры.

Экономайзер работает следующим образом. При открытии дроссельных заслонок на угол  $16^{\circ}30'$  регулировочный винт 2 нажимает на шток клапана 5, который открывается, и топливо из правой поплавковой камеры через жиклеры экономайзера поступает в два правых колодца главной дозирующей системы. Здесь оно смешивается с топливом, поступающим из главных жиклеров, и вместе с ним в виде эмульсии поступает через распылители в смесительные камеры. Дополнительная подача топлива через систему экономайзера приводит к обогащению смеси на больших оборотах.

Клапан экономайзера имеет коническую форму, что обусловливает постепенное увеличение подачи топлива по мере увеличения угла открытия дроссельных заслонок. При полном их открытии дозировка дополнительной подачи топлива определяется пропускной способностью жиклеров экономайзера. Они подобраны так, чтобы на взлетном режиме при  $n = 2200$  об/мин смесь была обогащена до  $\alpha = 0,6—0,7$ .

Обеспечивая требуемое обогащение смеси на больших оборотах и выключаясь при переходе к средним, экономайзер позволяет иметь меньший диаметр бензиновых жиклеров, что значительно уменьшает расход топлива при работе двигателя на крейсерских режимах.

### 3.6. ВЫСОТНЫЙ КОРРЕКТОР

Из схемы работы системы малого газа, главной дозирующей системы и экономайзера видно, что

совместно они приготавлиают смесь заданного состава во всем диапазоне режимов работы двигателя. Назначение высотного корректора — сохранить заданный состав смеси при изменении высоты полета или, что более точно, при изменении температуры и давления воздуха на входе в карбюратор. Кроме того, высотный корректор должен допускать возможность изменения состава смеси в полете по желанию пилота.

Карбюратор АМК-62ИРА устанавливается перед нагнетателем, и воздух в него поступает с атмосферным давлением и температурой. Падение атмосферного давления с увеличением высоты способствует уменьшению, а понижение температуры, наоборот, увеличению удельного веса воздуха. Так как понижение давления вызывает более интенсивное уменьшение плотности воздуха, чем увеличение ее вследствие понижения температуры, то с увеличением высоты полета удельный вес воздуха уменьшается.

Если с подъемом на высоту двигатель работает на постоянных оборотах при неизменном положении дроссельных заслонок, то объемное количество воздуха, поступающего в него, остается постоянным. Следовательно, остаются постоянными: скорость движения воздуха в диффузорах, перепад давлений на главных жиклерах и, следовательно, расход топлива через жиклеры. Весовое же количество воздуха уменьшается вследствие снижения его удельного веса. В результате смесь, приготавляемая карбюратором, по мере увеличения высоты непрерывно обогащается.

Приведем пример. Удельный вес воздуха у земли равен  $1,125 \text{ кгс}/\text{м}^3$ . На высоте 3 000 м он уменьшается до 0,909 и на высоте 5000 м — до  $0,736 \text{ кгс}/\text{м}^3$ , т. е. в первом случае примерно на 26%, во втором — на 40%. Это приводит к обогащению смеси соответственно на 14 и 22,5%, т. е. при  $\alpha = 0,75$  у земли, на высоте 3 000 м  $\alpha$  уменьшается до 0,65, а на высоте 5 000 м — до 0,58.

Аналогичное явление происходит и с подъемом на высоту при работе двигателя на постоянных оборотах и постоянном давлении наддува. При этом весовое количество воздуха, поступающего в цилиндры двигателя, незначительно увеличивается за счет снижения его температуры и улучшения очистки цилиндров от остаточных газов. Объемное же количество воздуха, проходящего через карбюратор, резко увеличивается вследствие уменьшения его удельного веса. Это приводит к столь же резкому увеличению скорости движения воздуха в диффузорах, перепада давлений перед главными жиклерами и за ними и истечения бензина из жиклеров. В результате происходит обогащение смеси.

Колебания температуры и давления воздуха у земли или в полете на одной и той же высоте, подогрев воздуха на входе в карбюратор также вызывают изменение состава смеси, приготавляемой карбюратором. Если колебания барометрического давления обычно не превышает 30—45 мм рт. ст., что вызывает незначительное изменение  $\alpha$  (около 2—3%), то колебания температуры, доходящие в течение года до 50—60°C и более, подогрев воздуха на входе в карбюратор очень сильно сказываются на составе смеси\*.

Таким образом, высотный корректор должен не только устранить обогащение смеси при увеличении высоты полета, но и исключить изменение ее состава в результате изменения барометрического давления и температуры воздуха на входе в карбюратор, как на земле, так и в полете на неизменной высоте.

Высотный корректор карбюратора АМК-62ИРА имеет автоматическую часть и механизм ручного управления.

Принципиальное назначение автоматической части — самостоятельно устранять обогащение или обеднение смеси при изменении барометрического давления и температуры воздуха на входе в карбюратор и сохранять состав смеси, заданный его регулировкой. Как будет показано дальше, автоматическая часть карбюратора выполняет свое предназначение не в полной мере.

Механизм ручного управления дает возможность вручную изменять состав смеси при подъеме на высоту в случае выхода из строя чувствительного элемента автоматической части, позволяет корректировать ее работу в полете и проверять работу высотного корректора на земле при опробовании двигателя. Кроме того, с помощью механизма ручного управления можно дополнительно обеднять смесь в полете с целью уменьшить расход топлива.

Высотный корректор устанавливается на крышке карбюратора над левой поплавковой камерой. Изменение состава смеси осуществляется им за счет уменьшения в той или иной мере, давления в воздушном пространстве обеих поплавковых камер по сравнению с атмосферным, в результате чего изменяется истечение топлива из всех главных жиклеров и из жиклеров экономайзера (если последний включен).

Основными элементами высотного корректора (рис. 17) являются анероид, тяга, двуплечий рычаг, опорная пластина, игла с гнездом, рейка и валик с шестерней механизма ручного управления.

Анероид 7 представляет собой герметически закрытую коробку, наполненную воздухом под давлением 730—760 мм рт. ст. при температуре 15° С. Наружное донышко анероида имеет хвостовик с резьбой, на которую навернута рейка 6 механизма ручного управления. К внутреннему донышку анероида шарнирно

\* При повышении температуры от  $-20$  до  $+30^\circ \text{C}$   $\alpha$  уменьшается примерно на 18%.

присоединена тяга 9, передающая перемещения игле 2 через двуплечий рычаг 11.

Игла имеет специально спрофилированный верхний конец и помещается в гнезде 3 с двумя отверстиями для прохода воздуха.

Все детали высотного корректора смонтированы в его корпусе. Внутренняя полость корпуса корректора через каналы крышки и корпуса карбюратора сообщены в задиффузорным пространством, в которое подводится атмосферный воздух. С другой стороны, через отверстие между иглой и ее гнездом, а также через канал корпуса корректора и обводной канал крышки карбюратора б, соединяющий поплавковые камеры, внутренняя полость сообщена с воздушным пространством обеих поплавковых камер.

Таким образом, поплавковые камеры карбюратора соединяются с атмосферой только через высотный корректор.

Обводной канал крышки карбюратора имеет ответвление б, в котором установлен воздушный жиклер высотного корректора 1 диаметром 1,95 ми. В этот же канал с натягом установлена медная трубка 12. Второй конец трубы соединен с распылителем левой передней смесительной камеры. Благодаря этому при работе двигателя воздух непрерывно отсасывается из полости корпуса высотного корректора в смесительную камеру.

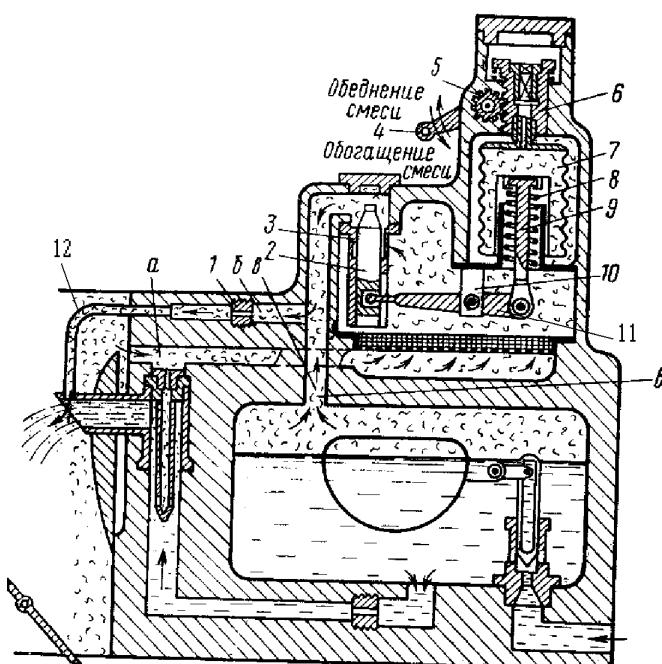


Рис. 17. Схема устройства и работы высотного корректора:

1 — воздушный жиклер; 2 — игла; 3 — гнездо иглы; 4 — рычаг механизма ручного управления; 5 — валик с шестеренкой; 6 — рейка; 7 — анероид; 8 — пружина; 9 — тяга; 10 — опорная пластина; 11 — двуплечий рычаг; а — канал для сообщения внутренней полости корректора с задиффузорным пространством; б — обводной канал; в — ответвление обводного канала

Чувствительным элементом высотного корректора является анероид 7. Как видно из рис. 17, при изменении давления или температуры вокруг анероида он должен удлиняться или укорачиваться, а связанная с ним игла 2 должна перемещаться вверх или вниз, изменяя площадь проходного отверстия между ней и гнездом 3.

Поворот рычага механизма ручного управления 4 в ту или другую сторону также вызывает перемещение иглы вверх или вниз. Если игла занимает положение, при котором пропускная способность отверстия между ней и гнездом больше пропускной способности жиклеров высотного корректора, то отсос воздуха через жиклер в диффузор вполне компенсируется притоком воздуха из полости корпуса высотного корректора. При этом в каналах между иглой и жиклером, а следовательно, и в поплавковых камерах поддерживается атмосферное давление, и высотный корректор не влияет на качество смеси.

Если же игла занимает положение, при котором приток воздуха из полости корпуса корректора не компенсирует расход его через жиклер, то начинается отсос воздуха из поплавковых камер и давление воздуха

в них уменьшается. Перепад давлений перед главными топливными жиклерами и за ними уменьшается, что приводит к уменьшению истечения бензина из жиклеров и к обеднению смеси.

Падение давления в поплавковых камерах и обеднение смеси будет происходить до тех пор, пока при новом положении иглы не установится равенство объемного расхода воздуха через воздушный жиклер высотного корректора и через отверстие между иглой и гнездом. Практически это происходит мгновенно.

Таким образом, перемещение иглы вверх соответствует обеднению, а вниз — обогащению смеси.

### **Работа автоматической части высотного корректора**

Для выяснения характера влияния высотного корректора на состав смеси, приготовляемой карбюратором, рассмотрим работу его автоматической части раздельно при изменении барометрического давления и при изменении температуры воздуха на входе в карбюратор.

#### **Работа автоматической части высотного корректора при изменении барометрического давления и при неизменной температуре воздуха на входе в карбюратор.**

При уменьшении барометрического давления по сравнению с начальным (например, при увеличении высоты полета) происходит обогащение смеси, которое высотный корректор должен автоматически устраниить. Делается это таким образом.

Уменьшение барометрического давления увеличивает перепад давлений внутри анEROида и вокруг него, в результате чего анEROид удлиняется, а игла поднимается вверх. Площадь проходного отверстия между профицированной частью иглы и ее гнездом уменьшается, и приток воздуха через это отверстие к воздушному жиклеру становится недостаточным для восполнения отсоса воздуха в распылитель через жиклер высотного корректора. В результате давление в каналах между иглой и жиклером и в поплавковых камерах уменьшается, что приводит к уменьшению истечения топлива из главных жиклеров и жиклеров экономайзера (если он включен) и предотвращает обогащение смеси.

При увеличении барометрического давления по сравнению с начальным (например, при снижении самолета) происходит обеднение смеси, и высотный корректор должен автоматически его устраниить. В этом случае анEROид укорачивается под действием пружины 8 и собственных сил упругости, а игла корректора спускается вниз. Площадь отверстия для прохода воздуха между иглой и гнездом увеличивается. Приток воздуха к жиклеру корректора также увеличивается, и давление в поплавковых камерах повышается. В результате увеличивается количество бензина, поступающего через жиклеры карбюратора, и обеднение смеси исключается.

Характеристика высотного корректора подобрана так, что при любых изменениях барометрического давления и при постоянной температуре воздуха, поступающего в карбюратор, игла занимает положение, при котором автоматически сохраняется постоянным состав смеси, заданный регулировкой карбюратора.

#### **Работа автоматической части высотного корректора при изменении температуры воздуха, поступающего в карбюратор, и при неизменном барометрическом давлении.**

При снижении температуры воздуха, поступающего в карбюратор, смесь обедняется. Высотный корректор должен автоматически устраниить это обеднение и сохранить состав смеси постоянным. Это производится следующим образом.

Снижение температуры воздуха на входе в карбюратор приводит к охлаждению воздуха в анEROиде, в результате чего давление в нем уменьшается. Перепад давлений вокруг анEROида и внутри него увеличивается, а анEROид укорачивается, вызывая перемещение иглы вниз. Высотный корректор автоматически срабатывает на увеличение подачи бензина в смесительные камеры и на устранение возникающего обеднения смеси так же, как и в случае увеличения барометрического давления.

При повышении температуры воздуха, поступающего в карбюратор, высотный корректор, так же как и в случае уменьшения барометрического давления, автоматически срабатывает на уменьшение подачи бензина и устранение обогащения смеси.

Однако анEROид высотного корректора по своей конструкции недостаточно чувствителен к изменению температуры окружающего его воздуха. Кроме того, температура воздуха вокруг анEROида очень мало меняется при изменении температуры воздуха на входе в карбюратор. Последнее обстоятельство обусловлено интенсивным обдувом корпуса корректора нагретым воздухом выходящим из-под капота двигателя, температура которого изменяется незначительно и практически не зависит от температуры воздуха на входе в карбюратор.

Поэтому высотный корректор не в состоянии автоматически поддерживать постоянным состав смеси, заданный регулировкой, карбюратора, при изменении температуры входящего в него воздуха.

Этой особенностью работы высотного корректора объясняется своеобразный характер изменения состава

смеси при увеличения высоты полета, использовании подогревателя воздуха и эксплуатации двигателя в условиях низких и высоких температур.

Особенно резко смесь будет обогащаться при подогреве воздуха, поступающего в карбюратор, когда температура его становится на 40—60°C выше температуры наружного воздуха. Кроме ухудшения экономичности двигателя, это приводит к уменьшению его мощности.

Для устранения указанного выше недостатка в работе автоматической части высотного корректора корпус его заключен в специальный кожух воздухоприемника двигателя, соединенный с общим каналом подвода воздуха в карбюратор. При таком устройстве корректор обеспечивает постоянство заданного состава смеси при изменении как давления, так и температуры воздуха, поступающего в карбюратор.

### **Работа механизма ручного управления высотного корректора**

Механизм ручного управления позволяет перемещать анероид, и иглу высотного корректора независимо от работы автоматической части, т. е. обеднять или обогащать смесь по желанию пилота. Диапазон перемещения иглы определяется нерегулируемыми упорами корпуса корректора, ограничивающими ход рычага механизма. При положении рычага на переднем упоре «Бедно» игла занимает крайнее верхнее положение, соответствующее наибольшему обеднению смеси.

Из рис. 172 видно, что для обеднения смеси этот рычаг надо переместить вверх (рычаг сектора высотного корректора в кабине пилота переместить вперед — «от себя»), для обогащения — вниз.

Степень обеднения смеси определяется по температуре головок цилиндров, расходу топлива и по внешним признакам работы двигателя.

Необходимость обеднения смеси вручную в полете возникает в случае отказа автоматической части высотного корректора (нарушение герметичности анероида) и с целью уменьшения расхода топлива за счет обеднения смеси до  $\alpha = 1,05—1,10$ .

На земле, во время взлета и набора высоты обеднять смесь вручную не разрешается.

Регулирование карбюратора на требуемый состав смеси на самолетах Ан-2 производится при крайнем заднем положении рычага сектора управления высотным корректором в кабине пилота (рычаг 4 механизма ручного управления находится на упоре «Богато»). В этом случае ручная корректировка смеси возможна только в сторону ее обеднения.

### **3.7. УСКОРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА (НАСОС ПРИЕМИСТОСТИ)**

Приемистость двигателя определяется минимальным временем перехода его с оборотов малого газа на максимальные без нарушения нормальной работы. Чем лучше приемистость двигателя, тем быстрее он может развить максимальную мощность. Особенно важно это во время посадки самолета — в случае необходимости уйти на второй круг.

Двигатель должен переходить с малых чисел оборотов на максимальные не более чем на 2—3 сек.. Приемистость двигателя с данным воздушным винтом определяется исключительно конструкцией и работой карбюратора.

При резком открытии дроссельных заслонок с целью быстро увеличить обороты и мощность двигателя столь же быстро увеличивается скорость движения воздуха во всасывающей системе и количество воздуха, поступающего в двигатель. Бензин обладает большей инерционностью, чем воздух, и скорость истечения его из жиклеров нарастает медленнее. В результате смесь, приготовляемая основными дозирующими системами, обедняется, скорость горения ее уменьшается, что вызывает обратные вспышки в карбюраторе. Двигатель не только не переходит на максимальные обороты, а, наоборот, глохнет, если своевременно не прикрыть дроссельные заслонки.

Ускорительная система карбюратора предназначена для того, чтобы в момент резкого открытия дроссельных заслонок подать в смесительные камеры дополнительную порцию топлива, тем самым предотвратить возникающее временное сильное обеднение горючей смеси и обеспечить плавный и быстрый переход двигателя с малых чисел оборотов на максимальные.

Ускорительная система показана на рис. 18. Основным устройством ее является поршневой насос, установленный в правой поплавковой камере. Верхний обрез цилиндра насоса 1 расположен ниже уровня топлива в камере. Поршень насоса 2 имеет резиновую уплотнительную манжету 3 и два отверстия для прохода бензина в нижнюю полость цилиндра. При резком движении поршня насоса вниз эти отверстия закрываются обратным пластинчатым клапаном 4, свободно установленным под поршнем на его штоке. Шток поршня системой рычагов соединен с осью правых дроссельных заслонок и при их открытии перемещается вниз.

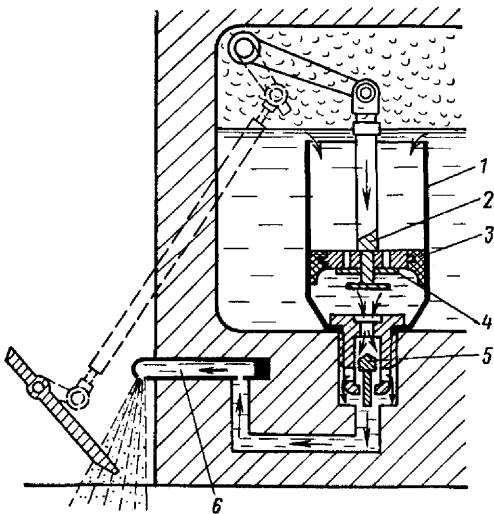


Рис. 18. Схема устройства и работы ускорительной системы:

1 — цилиндр; 2 — поршень; 3 — манжета; 4 — пластинчатый клапан; 5 — предохранительный клапан; 6 — форсунка

Предохранительный клапан 5 смонтирован в пробке крепления цилиндра насоса к корпусу карбюратора. Клапан закрывает выход бензина из полости насоса при неподвижном поршне и при ходе его вверх. Форсунка 6 установлена в правой передней смесительной камере. Каналами в корпусе карбюратора форсунка соединена с насосом приемистости.

Ускорительная система работает следующим образом. Во время прикрытия дроссельных заслонок поршень ускорительного насоса перемещается вверх. В нижней полости цилиндра насоса создается разрежение, под действием которого из поплавковой камеры через два отверстия поршня и по зазорам между манжетой и стенками цилиндра в нее поступает топливо. Выход топлива из цилиндра насоса к форсунке закрыт предохранительным клапаном, который своей пружиной прижат к седлу пробки.

При резком открытии дроссельных заслонок поршень насоса перемещается вниз, и давление топлива внутри цилиндра повышается. Обратный клапан закрывает отверстия в поршне, а манжета 3 давлением топлива плотно прижимается к стенкам цилиндра. Под действием давления предохранительный клапан открывается, топливо через него выталкивается в каналы корпуса и через форсунку поступает в смесительную камеру, предотвращая обеднение смеси.

Наличие в карбюраторе АКМ-62ИРА ускорительной системы обеспечивает плавный переход хорошо прогретого двигателя с оборотов малого газа на максимальные за 2—3 сек.

Из схемы работы ускорителей системы видно, что она позволяет подавать топливо в нагнетатель при неработающем двигателе. Это дает возможность поддерживать работу двигателя при выработке заливки в момент запуска и проверять исправность комбинированного клапана нагнетателя во время технического обслуживания.

### 3.8. СИСТЕМА ОСТАНОВА ДВИГАТЕЛЯ (СТОП-КРАН)

Двигатель может остановиться одним из следующих способов:

- 1) выключением зажигания, т.е. прекращением подачи напряжения на свечи;
- 2) прекращением подачи топлива к карбюратору, т.е. закрытием крана топливной системы между баком и насосом;
- 3) мгновенным прекращением подачи топлива из поплавковых камер в смесительные камеры карбюратора.

Первый способ вполне обеспечивает безопасный останов двигателя. Однако он требует от исполнителя больших навыков и имеет существенный недостаток. Дело в том, что несгоревшая смесь, заполняющая цилиндры двигателя после его останова, при низких температурах быстро охлаждается. Находящееся в смеси топливо конденсируется, стекает по стенкам цилиндров и смывает с них масло. Это вызывает сухое трение поршневых колец и поршней о стенки цилиндров при последующем запуске, что приводит к повышенному их износу.

Второй способ останова недопустим по соображениям безопасности. При прекращении подачи топлива к карбюратору поступление топлива в смесительные камеры постепенно уменьшается до полной его выработки из поплавковых камер. Смесь постепенно обедняется, в результате чего происходят обратные вспышки в карбюратор и возникает опасность пожара и повреждения нагнетателя. Поэтому останов двигателя прекращением крана топливной системы запрещается.

Третий способ удобен тем, что при останове двигателя происходит практически мгновенное обеднение смеси до верхнего предела воспламенения. Это исключает возможность обратных вспышек смеси и делает останов совершенно безопасным. Продувка цилиндров атмосферным воздухом, происходящая при останове этим способом, обеспечивает удаление из них остаточных газов, что облегчает последующий запуск двигателя.

Стоп-кран карбюратора АКМ-62ИРА обеспечивает останов двигателя третьим способом. Прекращение подачи топлива из карбюратора достигается за счет устранения перепада давлений в воздушных полостях поплавковых и смесительных камерах.

Принципиальная схема устройства системы останова показана на рис. 19. Она состоит из стоп-крана, представляющего собой

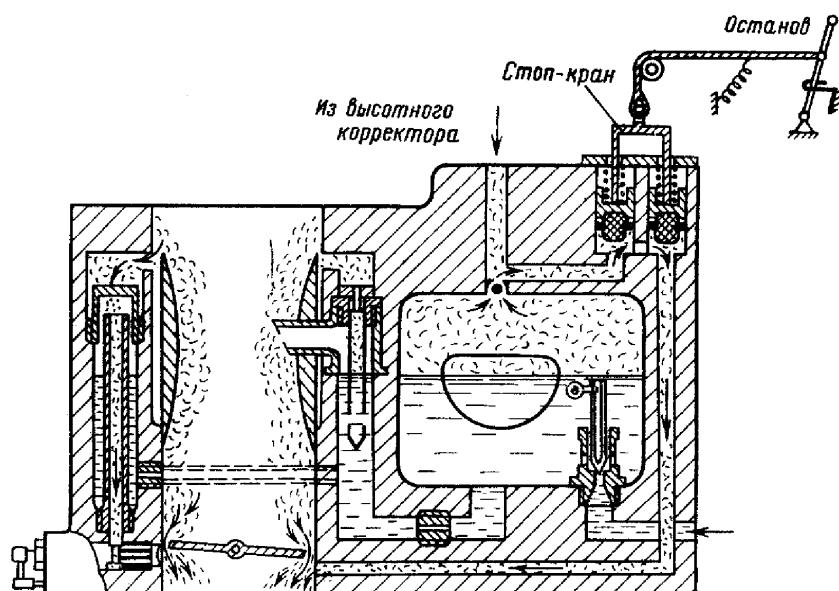


Рис. 19. Схема работы карбюратора при включении стоп-крана

сдвоенный игольчатый клапан. Этот клапан перекрывает канал, которым обе поплавковые камеры соединены с пространством правой передней смесительной камеры ниже дроссельной заслонки. Стоп-кран открывается и закрывается из кабины пилота через тросовую проводку.

Перед остановом двигатель обычно работает на оборотах, близких к оборотам малого газа. Дроссельные заслонки прикрыты, и под ними в полостях смесительных камер создается разжение — большее, чем у выходных отверстий форсунок системы малого газа и у распылителей главной дозирующей системы. Если в это время открыть клапан стоп-крана, то давление в поплавковых камерах мгновенно снизится до давления в поддроссельном пространстве правой смесительной камеры, перепад давлений перед жиклерами малого газа и за ними исчезнет, истечение топлива из жиклеров прекращается, и двигатель останавливается.

### 3.9. КОНСТРУКЦИЯ КАРБЮРАТОРА АКМ-62ИРА

Корпус карбюратора изготовлен отливкой из алюминиевого сплава. В корпусе сделаны четыре смесительные камеры, две поплавковые камеры, приливы с каналами для подвода топлива в поплавковые камеры и для установки сетчатых топливных фильтров, рубашка для обогрева смесительных камер отработавшими газами или маслом\*, каналы для установки деталей всех дозирующих систем и устройств карбюратора и для подачи бензина из поплавковых камер в смесительные камеры. В передней и задней стенках корпуса имеется по два отверстия, в которые запрессованы бронзовые втулки, являющиеся подшипниками осей дроссельных заслонок. В правой поплавковой камере корпуса расположены поплавковый механизм, экономайзер и насос приемистости; в левой — второй поплавковый механизм. Обе поплавковые камеры

\* Входные и выходные отверстия рубашки закрыты крышками, так как подогрев карбюратора маслом или отработавшими газами на самолетах Ан-2 не производится.

закрыты крышкой карбюратора и через ее каналы и высотный корректор сообщены с задиффузорным пространством.

В смесительные камеры плотно посажены дюралюминиевые диффузоры, застопоренные винтами в корпусе карбюратора. В диффузорах просверлены отверстия для прохода распылителей главной дозирующей системы. На наружной поверхности каждого диффузора сделано по четыре продольных канавки для сообщения с атмосферой задиффузорного пространства, образованного наружными кольцевыми выточками диффузоров и стенками корпуса карбюратора. В нижней части задиффузорное пространство уплотнено резиновыми кольцами, установленными по одному в наружной кольцевой канавке каждого диффузора.

В нижней части каждого диффузора имеется по одному дренажному отверстию диаметром 3,2 мм для отвода атмосферной влаги из задиффузорного пространства в смесительные камеры. Для удаления влаги, скапливающейся на верхней поверхности корпуса между диффузорами и крышкой, корпус имеет дренажный канал, куда ввернут штуцер, расположенный на его задней стенке. К штуцеру присоединяется дренажная трубка. Воздух из задиффузорного пространства поступает к крышке карбюратора по двум каналам корпуса.

В нижней части каждой смесительной камеры установлена дюралюминиевая дроссельная заслонка. Каждые две заслонки закреплены винтами на одной стальной оси. Оси имеют прорези для помещения заслонок и продольные срезы для увеличения проходного сечения смесительных камер. На переднем конце правой оси, выступающем из корпуса, закреплен рычаг привода к насосу приемистости и экономайзеру. На задних наружных концах осей установлено по одному стальному зубчатому сектору, которые сцеплены друг с другом. Кроме того, секторы соединены между собой спиральной пружиной, которая выбирает зазор в их зацеплении. Левый сектор жестко закреплен на оси конусной шпилькой и стяжным винтом. К нему присоединен рычаг управления дроссельными заслонками. Первый сектор установлен на эксцентриковой втулке, поворотом которой регулируется синхронность открытия всех четырех дроссельных заслонок. После регулирования синхронности положения дроссельных заслонок правый сектор также закрепляется на оси конусной шпилькой и стяжным винтом.

Полное открытие дроссельных заслонок ограничивается упором левого сектора в нерегулируемый ограничитель, ввернутый на резьбе в корпус карбюратора. Ограничение прикрытия дроссельных заслонок до положения, соответствующего оборотам малого газа, осуществляется самоконтрящимся регулировочным винтом, имеющимся на левом секторе.

**Крышка карбюратора** отлита из дюралюминия. Она закрывает поплавковые камеры и воздушные жиклеры системы малого газа и главной дозирующей системы. Крышка имеет фланец для крепления высотного корректора и каналы, по которым воздух из задиффузорного пространства подходит к воздушным жиклерам и в полость корпуса высотного корректора. Кроме того, в крышке просверлены два вертикальных канала против каждой поплавковой камеры, соединенных обводным каналом между собой и с каналом высотного корректора за иглой. Обводной канал крышки имеет два отверстия: одно — для соединения высотного корректора и поплавковых камер с распылителем левой передней смесительной камеры (в канале установлен жиклер высотного корректора и медная трубка, закрепленная другим концом на распылителе), другое — для соединения поплавковых камер со стоп-краном.

Герметичность соединения крышки с корпусом обеспечивается графитированной паронитовой прокладкой.

**Фильтр тонкой очистки** (рис. 20) предназначен для улучшения фильтрации топлива, поступающего в карбюратор. Фильтр — капсулного типа, состоит из корпуса с двумя отлитыми за одно целое с ним штуцерами. Одним штуцером фильтр ввертывается в отверстие корпуса карбюратора, к другому присоединяется бензопровод от насоса БНК-12БК. В корпус фильтра ввертывается его крышка 3, выполненная за одно целое со штуцером. На штуцере крышки установлены семь капсулных сетчатых фильтров 2 и детали обратного клапана (диск 4, клапан 5, пружина 6) для перепуска топлива в карбюратор в случае засорения фильтра. Для этого в штуцере крышки предусмотрен наклонный канал. Пакет капсулных фильтров и детали обратного клапана крепятся на штуцере стопорным кольцом 9. Для устранения осевого люфта под кольцо ставится шайба 8 (не более трех). Уплотнение крышки с корпусом фильтра обеспечивается резиновым кольцом 7. Крышка контрится проволокой к корпусу фильтра, а последний — к корпусу карбюратора. Для присоединения бензопровода корпус фильтра имеет штуцер резьбой под накидную гайку.

Фильтр устанавливается в корпус карбюратора так, чтобы зазор между полостью, затянутой гайкой 12, и корпусом фильтра при положении его штуцера под углом 45° вверх от двигателя был не более 1,5 мм. Под гайку 12 становится резиновое уплотнительное кольцо 11.

**Поплавковый механизм** (рис. 21). Поплавок 1 изготовлен из латуни, имеет полуovalную форму. С одной стороны к нему припаян рычаг с втулкой для опоры на ось 2 и для подвески иглы 4. Ось поплавка стальная, одним концом запрессована в стальную пробку, которая ввертывается в отверстие наружной стенки

поплавковой камеры. Другим концом ось входит в гнездо внутренней стенки камеры. Под пробку оси ставится фибровая прокладка.

Игла соединена с осью рычага поплавка через эксцентриковую втулку 5, которая зажата в серье винтом. Для поворота втулки один из ее концов, выступающий из серьги, обработан под специальный ключ.

Серьга соединяется с иглой через пружину, что обеспечивает самоустановливание игры относительно седла. Такая конструкция подвески игры упрощает регулирование уровня бензина. Оно производится поворотом эксцентриковой втулки ключом в ту или другую сторону, без вывертывания гнезда из корпуса карбюратора. Гнездо игры 5 — латунное. В центральное его отверстие запрессовано, завальцовано и запаяно стальное седло игры. Для прохода бензина в поплавковую камеру гнездо имеет четыре радиальных отверстия. Зубчатый буртик гнезда позволяет законтрить его в любом положении специальным зубчатым замком 6. Сам замок крепится к дну камеры винтом, который контрится разрезной пружинной шайбой. Под фланец гнезда ставится резиновое уплотнительное кольцо.

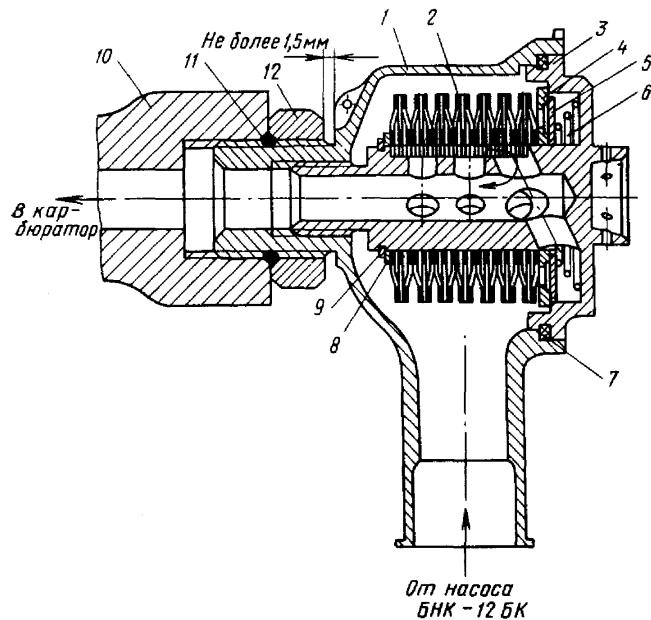


Рис. 20. Фильтр тонкой очистки карбюратора АКМ-62ИРА:

1 — корпус фильтра; 2 — фильтр сетчатый; 3 — крышка корпуса;  
4 — диск; 5 — клапан; 6 — пружина; 7 — резиновое кольцо; 8 — шайба;  
9 — стопорное кольцо; 10 — корпус карбюратора; 11 — резиновое кольцо; 13 — гайка

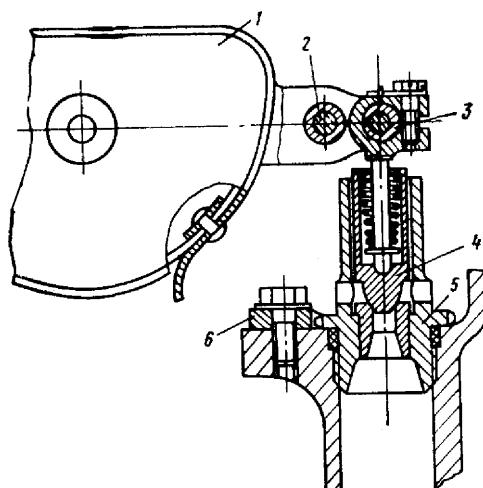
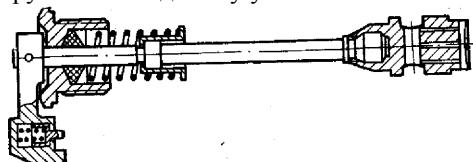


Рис. 21. Поплавковый механизм карбюратора:

1 — поплавок; 2 — ось поплавка; 3 — эксцентриковая втулка; 4 — игла; 5 — гнездо игры; 6 — замок гнезда

**Система малого газа.** Форсунка малого газа (рис. 22) представляет собой цилиндрический кран, свободно вращающийся в канале корпуса карбюратора. Головка форсунки — латунная, имеет кольцевую канавку, которая поперечным отверстием соединена с тремя продольными калиброванными отверстиями диаметром 0,8, 0,9 и 1,5 мм. Отверстия расположены вдоль уступа на торце головки. Головка форсунки туго посажена на стальную ось. На наружном конце оси штифтом закреплен рычаг поворота форсунки с фиксатором, который пружиной прижимается к зубчатому сектору, закрепленному на корпусе карбюратора, и предохраняет форсунку от самопроизвольного проворачивания.

От продольных перемещений форсунка закреплена стальной гайкой, ввернутой в канал корпуса карбюратора. На внутреннюю конусную поверхность гайки опирается сальник из резино-пробковой смеси, сжимаемой через шайбу спиральной пружиной. Под гайку устанавливается алюминиевая прокладка.



*Рис. 22. Форсунка малого газа*

Трубка, воздушный и бензиновый жиклеры системы малого газа изготовлены из латуни, имеют резьбу для ввертывания в корпус карбюратора и прорезь под отвертку. Доступ к ним без съемки крышки карбюратора невозможен.

Бензиновые жиклеры установлены в горизонтальных каналах корпуса карбюратора между колодцами системы малого газа и главной дозирующей системы. Каналы закрыты пробками, расположенными по две на передней и задней сторонах корпуса.

Карбюратор имеет четыре взаимозаменяемые форсунки малого газа, расположенные в нижней части его корпуса, по две с правой и левой стороны, четыре трубки и по четыре воздушных и бензиновых жиклера.

**Главная дозирующая система** (см. рис. 14). Распылитель главной дозирующей системы Г-образной формы, крепится к корпусу карбюратора за фланец двумя винтами. Выходное отверстие распылителя имеет косой срез, обращенный по направлению движения воздуха в смесительной камере. В результате у выходного отверстия создаются завихрения, обеспечивающие лучшее перемешивание эмульсии поступающей из распылителя, с проходящим воздухом.

В верхнюю часть распылителя ввернута латунная пробка. Сверху в выступ .пробки ввернут латунный воздушный жиклер, снизу туго посажена и припаяна латунная трубка воздушного жиклера с четырьмя отверстиями на нижнем конце. На выступ пробки надета алюминиевая прокладка, обеспечивающая герметичность разъема с крышкой карбюратора.

Главные топливные жиклеры устанавливаются в боковых каналах корпуса карбюратора под дном поплавковых камер, по два с правой и с левой стороны. Каналы жиклеров заглушены резьбовыми заглушками, расположенными между рычагами форсунок малого газа. Заглушки уплотняются резиновыми кольцами.

**Экономайзер и насос приемистости.** Конструкция деталей экономайзера и насоса приемистости ясна из рис. 23. Принцип работы этих узлов приведен выше в пп. 3.5 и 3.7 данного пособия.

Клапан экономайзера 9—стальной, опирается на бронзовое гнездо 10, которое удерживается от самововорачивания пружиной. Под фланец гнезда ставится резиновая прокладка.

Жиклеры экономайзера установлены в двух наклонных каналах, просверленных со стороны нижнего фланца корпуса карбюратора. Поперечным каналом они соединены между собой и с полостью под клапаном. Момент начала выступления экономайзера в работе регулируется винтом 6 рычага, закрепленного на штоке насоса приемистости.

Пробки колодцев клапана экономайзера и насоса приемистости уплотняются резиновыми кольцами.

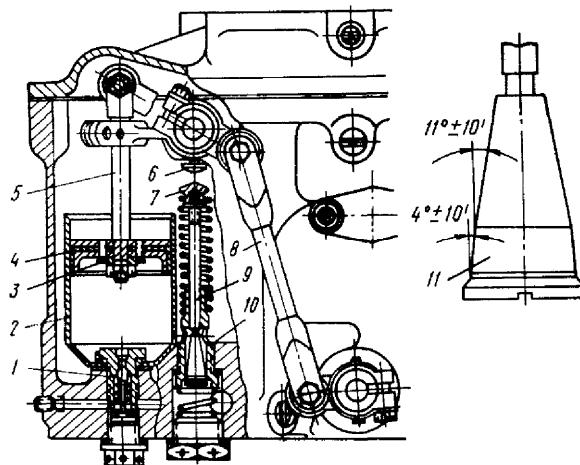


Рис. 23. Конструкция насоса приемистости и клапана экономайзера:

1 — цилиндр; 2 — клапан; 3 — поршень; 4 — обратный клапан; 5 — шток поршня; 6 — клапан экономайзера; 7 — гнездо клапана; 8 — колпачок; 9 —нерегулируемая тяга; 10 — регулируемый винт; 11 — профиль клапана экономайзера

**Высотный корректор** (рис. 24). Корпус корректора отлит из сплава алюминия. Внутренняя полость корпуса соединена с задиффузорным пространством.

Для фильтрации воздуха, поступающего в эту полость, и для предохранения иглы корректора от загрязнения и заедания между корпусом корректора и крышкой карбюратора поставлен сетчатый фильтр 9. Между фланцем фильтра, корпусом корректора и крышкой карбюратора поставлены текстолитовые прокладки толщиной 0,5 мм.

При эксплуатации двигателя в зимнее время в условиях снегопада и неустойчивого снежного покрова наблюдались случаи обледенения сетки фильтра, что приводило к отказу двигателя в работе из-за обеднения смеси. Для исключения подобных случаев на фланце фильтра предусмотрено сифлирующее отверстие диаметром 6 мм, по которому воздух, минуя фильтр, может поступать в полость корректора. В летнее время, когда содержание пыли в воздухе значительно, и зимой, в условиях устойчивого снежного покрова, это отверстие должно быть закрыто резиновой заглушкой.

Анероид 5 высотного корректора имеет двойные стенки из гофрированной латуни толщиной 0,15 мм. С одной стороны стенки припаяны к латунному донышку, имеющему хвостовик с резьбой и квадрат на верхнем конце; с другой — к латунному стаканчику, расположенному донышком вверх.

Тяга 6 — стальная, состоит из двух половин, соединенных между собой на резьбе. После регулирования длины тяги ее половины дополнительно скрепляются латунной заклепкой. Верхний конец тяги оканчивается буртиком, который свободно расположен между донышком стакана анероида и припаянной к нему латунной шайбой. Таким образом, тяга перемещается вместе с анероидом при изменении его длины и не связана с ним в окружном направлении. Нижний конец тяги имеет серьгу с отверстием для соединения с двухлечим рычагом 7. Опорная пластина рычага 8 является одновременно направляющей анероида 5 и опорой его пружины.

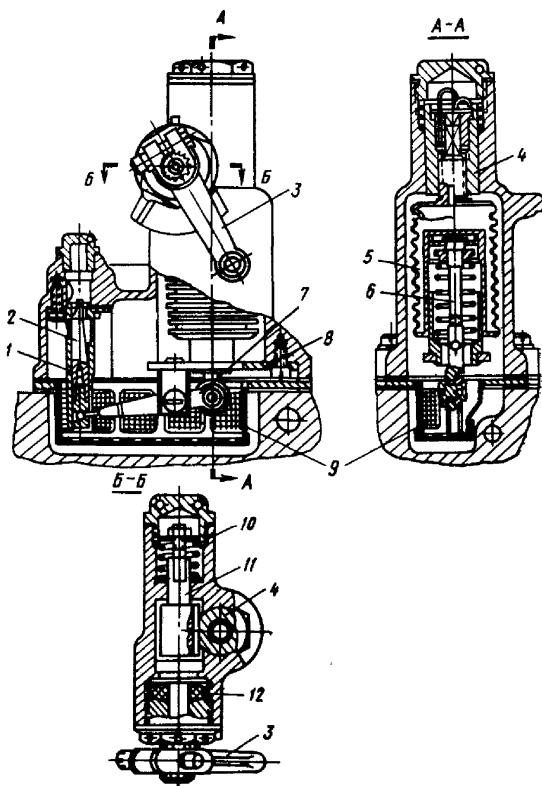


Рис. 24. Конструкция высотного корректора:

1—гнездо иглы; 2—игла; 3—рычаг ручного управления; 4—рейка; 5—анероид; 6—тяга; 7—двуплечий рычаг; 8—опорная пластина; 9—воздушный фильтр; 10—тормозная пружина; 11—валик; 12—сальник валика;

Игла 2—дюралюминиевая, для повышения твердости анодирована, изготовлена из двух половин, скрепленных заклепкой. Нижняя половина имеет отверстие для шарового наконечника рычага, верхняя — имеет специальный профиль, который определяет степень изменения проходного сечения для воздуха между гнездом и иглой при ее перемещении.

Стальное гнездо иглы 1 крепится к корпусу корректора за фланец. Для устранения подсоса воздуха из внутренней полости корпуса корректора в поплавковые камеры под фланец гнезда установлена бумажная прокладка. В корпусе корректора над гнездом сделано окно с резьбой, закрытое пробкой, которое используется для определения положения иглы при регулировании корректора.

Рейка механизма ручного управления 4—стальная, навернута на хвостовик анероида. Чтобы анероид не мог самопроизвольно повернуться относительно рейки (что привело бы к нарушению регулировки корректора), хвостовик его соединен с рейкой специальным замком. Своим квадратным отверстием замок надевается на квадрат хвостовика, а выступом фланца входит в одну из двух продольных прорезей рейки. Для снятия и постановки замка к нему прикреплена проволочная дужка. От продольных перемещений замок зафиксирован пружинным проволочным опорным кольцом, которое устанавливается над ним в кольцевую канавку рейки. Для удобства снятия кольца его концы отогнуты внутрь и вверх.

Между рейкой и корпусом корректора установлена возвратная пружина. Она исключает перемещение всех звеньев механизма высотного корректора в сторону обеднения смеси при обрыве тяги ручного управления. Окно корпуса над рейкой закрыто пробкой.

Валик механизма ручного управления 11—стальной, в средней части имеет шестерню, которой сцеплен с рейкой. На правом конце валика смонтирован тормоз (фрикцион), который исключает самопроизвольное проворачивание валика при обрыве тяги ручного управления. Тормоз состоит из стальной шайбы, жестко соединенной с валиком в окружном направлении, пружины 10 и конической гайки. Гайка тормоза затягивается с усилием, соответствующим моменту проворачивания валика, 6—8 кгс·см при незатянутой гайке сальника валика, и контролируется шплинтом. На левом конце валика монтируется пробковый сальник 12.

На выступающем наружу левом конце валика сделаны мелкие шлицы, на которые наложен и закреплен

зажимным болтом стальной ведущий рычаг механизма ручного управления 3. Рычаг имеет выступ для упора в специальные приливы корпуса корректора, ограничивающие его перемещение. С этим рычагом через тяги и тросовую проводку связан рычаг сектора управления, расположенный в кабине пилота.

Под пробки корпуса корректора и гайки сальника ставятся алюминиевые уплотнительные прокладки.

**Стоп-кран** (рис. 25) состоит из двух клапанов, двух пружин, кронштейна и рычага управления. Клапаны 1—латунные, навернуты на стальные штоки 2 и закреплены на них штифтами. На конце каждого клапана имеется резиновый наконечник. Штоки клапанов проходят сквозь отверстия кронштейна 4, закрепленного к корпусу карбюратора тремя винтами. На внутренних концах штоков имеется резьба для навертывания клапанов, на наружных—вилки для соединения с рычагом управления 5. К рычагу присоединяется трос управления стоп-краном. Между кронштейном и клапанами на штоках надеты пружины 3, прижимающие клапаны в закрытом положении к гнездам корпуса карбюратора.

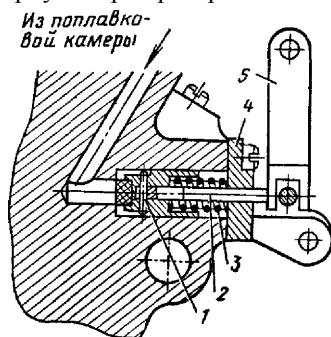


Рис. 25. Конструкция стоп-крана:

1—клапан; 2—шток; 3—пружина; 4—кронштейн; 5—рычаг стоп-крана

Клапаны стоп-крана помещены каждый в отдельном гнезде корпуса карбюратора. Левое гнездо соединено через обводный канал крышки карбюратора с обеими поплавковыми камерами. Правое гнездо соединено с кольцевым пространством, вокруг задней правой шпильки крепления карбюратора к переходнику, которое отверстием в корпусе карбюратора соединено с полостью правой смесительной камеры под дроссельной заслонкой. В перемычке между гнездами просверлено отверстие, через которое при открытых клапанах проходит воздух из поплавковых камер в смесительную камеру.

Для обеспечения плотного прилегания клапанов к седлам в закрытом положении тросовая проводка от рычага стоп-крана к сектору в кабине пилота должна иметь некоторую слабину. Это достигается включением в проводку управления пружины, один конец которой закреплен к конструкции самолета, другой—к тросу управления. При перемещении сектора в положение «Останов» сначала выбирается слабина троса управления, а затем открываются клапаны стоп-крана (см. рис. 19).

#### 4. ЭКСПЛУАТАЦИЯ КАРБЮРАТОРА

##### 4.1. РЕЖИМ РАБОТЫ ДВИГАТЕЛЯ И РАСХОД ТОПЛИВА. ПОЛЬЗОВАНИЕ РУЧНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ ВЫСОТНОГО КОРРЕКТОРА ДЛЯ СНИЖЕНИЯ РАСХОДА ТОПЛИВА

Основным недостатком карбюраторов АКМ-62ИР является регулировка их на чрезмерно богатые смеси ( $\alpha = 0,8—0,9$ ), в результате чего двигатель АШ-62ИР имеет высокие удельные расходы горючего на крейсерских режимах.

Крейсерский режим работы двигателя определяется тремя величинами: мощностью, числом оборотов и давлением наддува. Известно, что одну и ту же мощность можно получить при различном сочетании оборотов и наддува. При этом чем меньше частота оборотов тем больше должен быть наддув, так как сохранение постоянной мощности при уменьшенных оборотах, т. е. при меньшем числе рабочих процессов в цилиндрах двигателя в 1 сек, может быть обеспечено только за счет повышения производительности каждого рабочего процесса, т. е. за счет повышения среднего эффективного давления наддува.

Расход топлива на крейсерских режимах в значительной мере зависит от того, насколько удачно выбрано сочетание оборотов и давления наддува, при котором двигатель развивает требуемую крейсерскую мощность. Для уменьшения расхода топлива двигатель целесообразно эксплуатировать при меньших числах оборотов и

повышенном наддуве. Это объясняется главным образом снижением при уменьшении частоты оборотов непроизводительных затрат мощности на трение и на нагнетатель, в результате чего повышается механический к. п. д. двигателя, а удельный и общий расход топлива уменьшаются.

Эксплуатация двигателя на пониженных оборотах выгодна также и тем, что при этом уменьшаются нагрузки на детали от сил инерции и относительные скорости труящихся поверхностей деталей, снижается температура головок цилиндров, увеличивается к. п. д. воздушного винта. Первые два обстоятельства способствуют уменьшению износа, увеличению срока службы и повышению надежности двигателя. Увеличение же к. п. д. винта позволяет получить большую скорость при той же крейсерской мощности, меньший километровый расход топлива и большую дальность полета.

Вместе с тем необходимо учитывать, что чрезмерное уменьшение числа оборотов потребует для поддержания заданной крейсерской мощности значительного увеличения наддува. Последнее приведет к повышению давления газов в цилиндрах и к увеличению динамических нагрузок на детали двигателя, а следовательно, увеличению износа деталей.

Поэтому соотношение числа оборотов и наддува должно подбираться так, чтобы снижение нагрузок на детали от уменьшения числа оборотов компенсировало увеличение нагрузок от повышения наддува.

В качестве критерия, определяющего крейсерские режимы с этой стороны, используется среднее эффективное давление газов в цилиндрах двигателя. Его величина растет с увеличением наддува и характеризует собой нагруженность деталей двигателя. Для каждого двигателя имеется свой предел среднего эффективного давления, превышение которого при работе на крейсерских режимах недопустимо. Для двигателя АШ-62ИР он соответствует примерно  $11 \text{ кгс}/\text{см}^2$ .

При эксплуатации двигателя АШ-62ИР на самолетах Ан-2 установлены следующие крейсерские режимы его работы:

Мощность.....	(0,35—0,7) $N_{e_{\text{ном}}}$
Обороты, об/мин .....	1 500—1 800
Наддув, мм. рт. ст. .....	550—760

Наиболее выгодные соотношения оборотов и наддува для различных крейсерских мощностей находят по крейсерским графикам, которые даются в руководстве по летной эксплуатации самолета.

Эксплуатация двигателя АШ-62ИР на сравнительно невысоких крейсерских режимах позволяет несколько снизить расход топлива, но они все же остаются высокими. Между тем при эксплуатации на крейсерских режимах, установленных в гражданской авиации, детали двигателя испытывают невысокие механические и тепловые нагрузки. Двигатель вполне надежно и без перегрева может работать на всех высотах при значительно более бедных горючих смесях и иметь при этом удельный расход топлива порядка  $210 \text{ г}/\text{л. с. ч.}$ . Этого можно добиться обеднением горючей смеси до  $\alpha = 1,05—1,10$  с помощью высотного корректора вручную. При этом достигается экономия топлива. Летчикам разрешается вручную обеднять смесь только в установленном горизонтальном полете на всех высотах, начиная с 300 м и выше на крейсерских мощностях не выше  $0,65 N_{e_{\text{ном}}}$  (число оборотов не более 1 700 в минуту; наддув — не более 720 мм рт. ст.).

Обеднение контролируется по изменению температуры головок цилиндров и, кроме того, по уменьшению скорости полета самолета. По мере обеднения температура головок цилиндров и мощность двигателя сначала увеличиваются, а затем начинают уменьшаться. У двигателя АШ-62ИР наибольшая температура головок при работе на крейсерских режимах соответствует  $\alpha = 0,97—1,0$ .

При  $\alpha = 1,05—1,10$  температура головок несколько ниже максимальной, удельный расход топлива близок к минимальному. Мощность несколько уменьшается по сравнению с мощностью при  $\alpha = 0,8—0,9$ , в результате чего незначительно уменьшается скорость полета самолета.

Исходя из этого, смесь регулируется на  $\alpha = 1,05—1,10$  в следующем порядке (рис. 26). Приступая к обеднению смеси, надо заметить температуру головок цилиндров и скорость полета при положении рычага сектора корректора полностью «на себя». Переместив рычаг «от себя» на 10—20 мм и выждав 2—3 мин (пока не установится температура головок), заметить новое значение температуры и скорости. Температура несколько повысится, а скорость практически останется неизменной. Перемещая сектор корректора вперед несколько раз с остановками на 2—3 мин, нужно заметить начало уменьшения температуры головок цилиндров. Это указывает на достаточное обеднение горючей смеси.

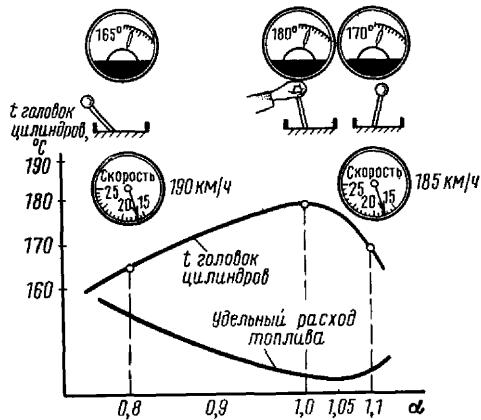


Рис. 26. Изменение температуры головок цилиндров и удельного расхода топлива при обеднении смеси высотным корректором

Скорость полёта при этом уменьшается примерно на 5—10 км/ч.

Дальнейшее перемещение сектора корректора «от себя» приводит к резкому снижению температуры головок цилиндров и к уменьшению скорости полета на 15—20 км/ч.

Возникает опасность попасть в зону повышенных удельных расходов, а при чрезмерном обеднении—в зону неустойчивой работы двигателя (тряска, колебания числа оборотов, хлопки в карбюраторе).

#### 4.2. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ КАРБЮРАТОРА

**Расконсервация карбюратора** производится по инструкции завода. Даже при полном выполнении указаний этой инструкции расконсервация карбюратора в условиях низких температур может быть недостаточной. Это определяется по значительному противодействию перемещению рычага управления дроссельными заслонками в сторону их открытия, обусловленному неполным удалением консервирующей смазки из цилиндра насоса приемистости. Резкое перемещение рычага в этом случае может привести к повреждению деталей карбюратора.

В соответствии с этим расконсервацию карбюратора необходимо производить с учетом следующих указаний.

При наружной температуре ниже 10° С карбюратор необходимо прогреть в один или несколько приемов горячим воздухом (температура не выше 75° С) до такой степени, чтобы усилие перемещения рычага управления дроссельными заслонками не превышало 10 кгс. Только после этого можно производить расконсервацию в соответствии с инструкцией.

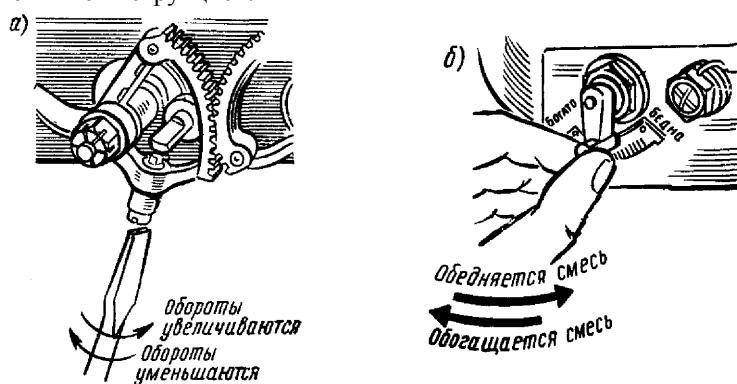


Рис. 27. Регулирование оборотов (а) и качества смеси (б) на режимах малого газа

При наружной температуре ниже 10° С запрещается перемещать рычаг управления дроссельными заслонками на непрогретом законсервированном карбюраторе. Во всех случаях его необходимо перемещать от руки, плавно, без рывков и применения больших усилий.

**Периодическое техническое обслуживание** карбюратора производится в соответствии с технологическим регламентом. Основные периоды обслуживания—послеполетное и через каждые 50 ч налета.

При каждом техническом обслуживании создается давление топлива 0,3—0,4 кгс/см<sup>2</sup> по манометру и

производится проверка герметичности пробок, форсунок малого газа, топливных фильтров и игольчатых клапанов, отсутствия подтекания топлива через оси дроссельных заслонок. Затем проверяется исправность управления карбюратором и всех его внешних соединений.

Дополнительно к этому через каждые 50 ч промывают в чистом топливе все три топливных фильтра карбюратора, а через каждые 100 ч сливают отстой из поплавковых камер и промывают воздушный фильтр высотного корректора (при эксплуатации на пыльных аэродромах).

Если при опробовании двигателя давление топлива снижается ниже  $0,30 \text{ кгс}/\text{см}^2$ , то фильтр тонкой очистки необходимо промыть независимо от времени его работы после последней промывки.

**Регулирование оборотов малого газа.** Обороты малого газа регулируются винтом малого газа на прогретом двигателе (рис. 27, а). При ввертывании винта в тело сектора обороты увеличиваются, при вывертывании — уменьшаются.

Если регулировка правильна, то прогретый двигатель должен развивать 500 об/мин при полностью закрытых дроссельных заслонках, когда регулировочный винт находится на упоре малого газа, а рычаг сектора нормального газа — в крайнем заднем положении.

**Регулирование качества горючей смеси на малом газе** производится форсунками малого газа. Поворот рычагов форсунок влево соответствует обогащению смеси, вправо — обеднению (рис. 27). Цель регулирования — добиться устойчивой работы двигателя на оборотах в диапазоне 500—1200 в минуту.

Для устранения обеднения или обогащения горючей смеси на малом газе необходимо повернуть рычаги всех четырех форсунок в требуемую сторону на несколько зубьев стопорного сектора, запустить двигатель, прогреть его до температуры головок не ниже  $150^\circ\text{C}$  и, установив 600—700 об/мин, проверить по внешним признакам достаточность регулировки. При необходимости — остановить двигатель и дополнительно провернуть рычаг форсунок в требуемом направлении.

Отрегулировав качество смеси на указанных выше оборотах, следует проверить работу двигателя на минимальных оборотах — 500 об/мин. Для этого следует переместить рычаг сектора газа полностью «на себя», установить с помощью винта малого газа (если это требуется) 500 об/мин и убедиться в нормальной работе двигателя. При необходимости подрегулировать качество смеси поворотом рычагов форсунок.

При правильной регулировке качества горючей смеси на малом газе должен работать на оборотах 500—1200 в минуту без тряски, обратных вспышек в карбюратор с коротким голубым пламенем и без черного дыма на выпуске.

Для получения более равномерной горючей смеси при регулировании необходимо пользоваться всеми четырьмя рычагами форсунок и ставить их в одинаковое положение.

При установке двигателя на самолет или нового карбюратора на двигатель рекомендуется для облегчения первого запуска поставить рычаги всех четырех форсунок в положение наибольшего обогащения и, запустив и прогрев двигатель, отрегулировать качество горючей смеси и обороты малого газа, как указано выше.

**Регулирование качества горючей смеси на средних и максимальных оборотах** производится путем замены жиклеров. При этом необходимо убедиться в правильности регулировки высотного корректора, в отсутствии неисправностей двигателя и топливной системы самолета, способных привести к нарушению нормальной работы двигателя, проверить соответствие положения иглы данным термобарографика (рис. 28).

При регулировании карбюраторов разрешается устанавливать с левой стороны жиклеры диаметром 2,9—3,3 мм, с правой стороны — 3,3 мм\*.

Регулирование главными жиклерами ощутимо сказывается на качестве горючей смеси во всем диапазоне оборотов, начиная с 1000—1100 об/мин.

После замены жиклеров необходимо проверить работу двигателя:

На режиме 1000—1500 об/мин, мин .....	5
На крейсерском режиме, мин .....	3
На номинальном режиме, мин .....	1
На взлетном режиме, сек .....	10
На режиме малого газа, мин .....	1—2

После замены жиклеров необходимо проверить работу двигателя:

Если регулировка правильна, то двигатель должен работать на всех режимах без тряски, хлопков в карбюратор, без перегрева, черного дыма на выпуске, иметь хорошую приемистость и развивать на взлетном режиме требуемое число оборотов.

\* Все жиклеры клеймят по диаметру в сотых долях миллиметра. Клеймо ставят на торце, имеющем прорезь под отвертку. Например, жиклер диаметром 3,3 мм имеет клеймо «330».

Не разрешается регулировать качество смеси на средних и максимальных оборотах перемещением иглы высотного корректора в положение, не соответствующее данным термобарографика.

**Проверка регулировки и регулирование высотного корректора.** Регулировка высотного корректора проверяется всякий раз при его замене и в случаях ненормальной работы двигателя из-за нарушения регулировки карбюратора. Цель проверки — определить соответствие начального положения иглы корректора барометрическому давлению и температуре окружающего воздуха в момент проверки.

Положение иглы определяется по превышению ее верхнего торца над плоскостью верхнего внутреннего уступа гнезда (размер  $A$  на рис. 28). Этот размер замеряется специальным калибром. Его величина для различных барометрических давлений и температур окружающего воздуха дана в виде термобарографика, приведенного на рис. 28.

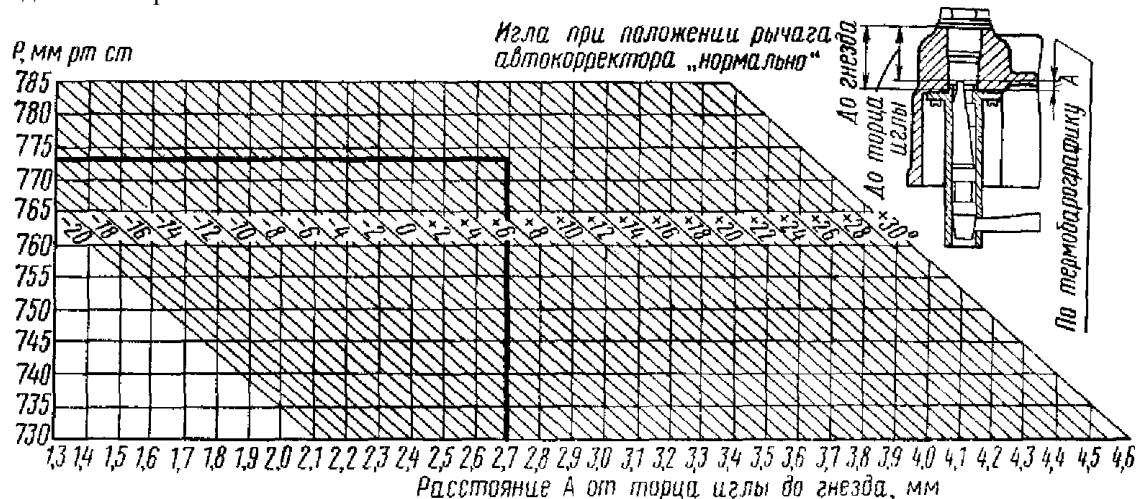


Рис. 28. График для определения положения иглы высотного корректора карбюратора АКМ-62ИРА в зависимости от температуры и барометрического давления (термобарографик);

Пример: барометрическое давление 773 мм. рт. ст., температура  $11^{\circ}\text{C}$ . Расстояние от торца иглы до гнезда получается равным 2,7 мм (на рисунке показано жирной линией)

Положение иглы проверяется в, следующем порядке. По величине барометрического давления и окружающей температуре находят, пользуясь термобарографиком, размер  $A$ , определяющий положение иглы, которое она должна занимать в момент проверки. Затем с помощью калибра определяют фактическое положение иглы. Для этого необходимо переместить сектор рычага высотного корректора в кабине пилота в крайнее заднее положение, отвернуть пробку корпуса корректора над игрой, установить на ее место калибр и по давлениям его шкалы, расположенным против верхнего обреза движка, определить размер  $A$  в миллиметрах.

Если полученное значение размера  $A$  точно соответствует термобарографику, то высотный корректор отрегулирован правильно. В противном случае его необходимо отрегулировать. Для этого нужно отвернуть пробку корпуса корректора над рейкой механизма ручного управления, снять стопорное кольцо и замок рейки и специальным торцевым ключом (квадрат 7x7 мм) повернуть хвостовик анероида в требуемую сторону до точного соответствия положения иглы данным термобарографика.

При вращении хвостовика по часовой стрелке игла поднимается; против часовой стрелки — опускается (рис. 29). За один оборот хвостовика игла перемещается на 2,4 мм.

После регулирования положения иглы нужно установить на место замок рейки, довернув в случае необходимости хвостовик ключом до совпадения выступа замка с большим продольным пазом рейки, поставить стопорное кольцо и еще раз проверить положение иглы по калибру. При определении размера  $A$  калибром нельзя надавливать на его движок, так как это приведет к отжатию игры. Движок должен только касаться игры.

После установки замка рейки необходимо проверить величину и плавность хода игры. При перемещении рычага механизма ручного управления от одного упора до другого ход игры должен быть не менее 9,5 мм, а движение ее должно быть плавным, без заеданий и скачков. Если эти условия нарушены, то высотный корректор необходимо заменить. Характер движения игры наблюдается через отверстие под пробку над игрой.

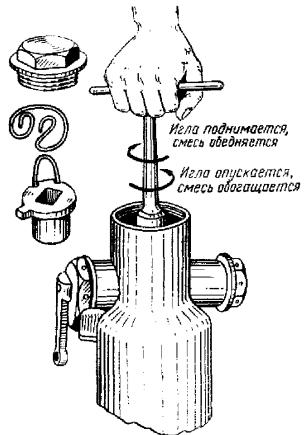


Рис. 29. Регулирование положения иглы высотного корректора

Закончив регулирование корректора и проверку регулировки, следует завернуть пробки, обратив особое внимание на исправность прокладок, законтрить пробки проволокой, запустить двигатель, прогреть и проверить его работу: на крейсерском режиме — в течение 3 мин, на взлетном — в течение 2 мин.

**Нельзя регулировать высотный корректор, ориентируясь только по внешним признакам работы двигателя.**

## 5. НЕИСПРАВНОСТИ В РАБОТЕ ДВИГАТЕЛЯ, ЗАВИСЯЩИЕ ОТ КАРБЮРАТОРА, ИХ ПРИЧИНЫ И СПОСОБЫ УСТРАНЕНИЯ

К числу неисправностей двигателя, встречающихся при его эксплуатации и зависящих от карбюратора, относятся следующие:

**1) Двигатель не запускается при нормальной заливке и достаточном подогреве перед запуском. Вспышек смеси в цилиндрах или вовсе нет, или происходят отдельные обратные вспышки.**

Причина неисправности — чрезмерное открытие дроссельных заслонок при запуске, в результате чего система малого газа приготовляет очень бедную горючую смесь. Она или вовсе не воспламеняется от электрической искры, или горит очень медленно, что приводит к обратным вспышкам.

Для устранения неисправности необходимо прикрыть дроссельные заслонки до положения, соответствующего 700—800 об/мин.

**2) При работе на режиме малого газа после запуска двигатель дает обратные вспышки в карбюратор и глухнет при прекращении подачи топлива заливочным шприцем или насосом приемистости.**

Неисправность возникает вследствие чрезмерного обеднения смеси, наиболее вероятными причинами которой являются:

- открытие стоп-крана или негерметичность его клапана;
- рычаг сектора высотного корректора находится в положении «Бедно»;
- недостаточное поступление топлива в поплавковые камеры из-за отсутствия давления топлива или засорения фильтров карбюратора;
- подсос воздуха по разъему карбюратора с переходником или переходником с корпусом нагнетателя;
- бедная горючая смесь, приготовляемая системой малого газа. Для устранения неисправности необходимо, не останавливая двигатель, проверить положение секторов стоп-крана, высотного корректора и показания топливного манометра. Если сектор высотного корректора находится в положении полного обогащения, сектор стоп-крана в положении «Выключено», а давление топлива не ниже  $0,15 \text{ кгс}/\text{см}^2$ , — остановить двигатель. После этого для обеспечения более плотной посадки клапанов стоп-крана открыть и закрыть его несколько раз, вывернуть фильтры карбюратора и убедиться в их исправности, убедиться в отсутствии подтеков топлива по разъемам карбюратора с переходником и переходника с корпусом нагнетателя\* и вновь запустить двигатель. Если работа двигателя не улучшилась, значит причиной неисправности является или регулировка системы малого газа на чрезмерно бедную горючую смесь, или негерметичность клапанов стоп-крана. В этом случае необходимо вновь остановить двигатель, повернуть рычаг форсунок малого газа на несколько зубцов в сторону обогащения горючей смеси и снова проверить работу двигателя. В случае отрицательного результата заменить стоп-кран.

\* Одновременно с этим необходимо проверить герметичность соединений впускных труб с цилиндрами и с корпусом нагнетателя.

Менее вероятными причинами обеднения горючей смеси являются: заедание иглы поплавкового механизма в закрытом положении, заедание иглы высотного корректора в положении полного обеднения, засорения бензиновых жиклеров малого газа.

**3) На режиме малого газа двигатель работает с тряской, черным дымом на выпуске и хлопками в выпускном коллекторе.**

Причиной неисправности является чрезмерное обогащение горючей смеси на режиме малого газа. Оно может произойти из-за неправильной регулировки оборотов малого газа или в результате переполнения поплавковых камер топливом (заедание иглы в открытом положении, пропуск бензина иглой или через прокладку под гнездом иглы, негерметичность поплавка).

Если причиной неисправности является неправильная регулировка оборотов малого газа, то ее необходимо устраниить поворотом форсунок.

Если происходит переполнение поплавковых камер, то двигатель не переходит с малых оборотов на средние, из дренажной трубы комбинированного клапана непрерывной струей льется топливо. В этом случае двигатель необходимо немедленно остановить во избежание гидроудара в нижних цилиндрах, а карбюратор заменить.

Причиной чрезмерного обогащения горючей смеси на режиме малого газа может быть также пропуск бензина через клапан или через прокладку под корпусом клапана насоса приемистости, поступление бензина в нагнетатель через заливочный насос (шприц).

**4) Двигатель глохнет при переходе на режим малого газа.**

Причиной неисправности обычно является неправильная регулировка оборотов малого газа (при полном закрытии дроссельных заслонок регулировочный винт не доходит до упора), или чрезмерно бедная горючая смесь на режиме малого газа.

**5) Велики обороты на режиме малого газа.**

Причиной неисправности является или неправильная регулировка оборотов малого газа, или скручивание осей и коробление дроссельных заслонок от обратных вспышек,

Если число оборотов на режиме малого газа не уменьшается до 500 об/мин при вывернутом регулировочном винте и при соприкосновении спицы сектора карбюратора с упором его корпуса, то карбюратор необходимо заменить.

Причиной повышенных оборотов на режиме малого газа может быть также недостаточное прикрытие дроссельных заслонок из-за люфтов в тягах управления. Во избежание этого необходимо при регулировании оборотов малого газа следить за тем, чтобы при 500 об/мин регулировочный винт находился на упоре малого газа, а сектор в кабине пилота занимал крайнее заднее положение при полностью выбранных люфтах в управлении.

**6) Плохая приемистость двигателя.**

Причинами этого могут быть: бедная горючая смесь на режиме малого газа, износ манжеты поршня ускорительного насоса, большие люфты в управлении дроссельными заслонками и в сочленениях рычажной передачи от их осей к поршню насоса.

Износ манжет поршня определяется по ощущаемому рукой уменьшению силы противодействия во время перемещения вперед рычага сектора нормального газа на протяжении всего его хода. При наличии люфтов в управлении насосом приемистости это противодействие полностью отсутствует в самом начале хода сектора нормального газа. В этих случаях карбюратор необходимо заменить.

Приемистость холодного двигателя резко ухудшается и при исправном карбюраторе вследствие обеднения на режиме малого газа горючей смеси, поступившей в цилиндры. Поэтому при планировании самолета зимой ни в коем случае нельзя допускать снижения температуры головок цилиндров ниже 150°C. В противном случае не обеспечивается безопасный уход на второй круг.

**7) Двигатель работает с тряской, иногда сопровождающейся обратной вспышкой в карбюратор на средних и больших оборотах (сектор высотного корректора находится в положении полного обогащения).**

Причиной неисправности является обеднение горючей смеси, которое может быть результатом:

- засорения фильтров карбюратора;
- неправильной регулировки положения иглы высотного корректора;
- негерметичности стоп-крана;
- недостаточного давления топлива (неисправность топливного насоса, подсос воздуха под крышки фильтра отстойника топливной системы самолета);
- наличия воды в топливе.

Действительная причина обеднения горючей смеси определяется, как и в предыдущих случаях, методом

последовательных исключений, начиная с наиболее вероятной и менее трудоемкой из возможных причин.

Любая из причин устранима без снятия карбюратора с двигателя.

Определяя причины неисправности, необходимо учитывать, что тряска двигателя и обратные вспышки в карбюратор на средних и больших оборотах могут происходить и при исправном карбюраторе. Неисправность может быть вызвана нарушением зазоров между роликами рычагов и штоками клапанов, неправильной балансировкой воздушного винта, неисправностями в системе зажигания и др.

**8) Двигатель работает неустойчиво на средних и больших оборотах, с хлопками в выхлопной коллектор и черным дымом на выхлопе; на взлетном режиме двигатель не развивает необходимых оборотов и наддува.**

Причина неисправности— чрезмерно богатая смесь вследствие слишком больших диаметров главных жиклеров или неправильной регулировки положения иглы высотного корректора. В обоих случаях неисправность устраняется регулированием карбюратора, как указано выше.

### **9) Смолообразование во всасывающем тракте двигателя.**

Причиной дефекта является низкое качество некоторых сортов бензина Б-91/115, которые содержат большое количество непредельных углеводородов (до 4%). В результате их окисления в жидкофазном состоянии по пути от карбюратора до цилиндров образуются смолистые отложения с содержанием до 90% продуктов окисления (смол) и до 10% неорганических веществ (главным образом пыли и песка).

Смолистые отложения при температуре 15—20° С представляют собой похожее на асфальт твердое, хрупкое вещество. При температуре 30—35° С они размягчаются, а при 50—60° С становятся жидкими и текучими. Температура рабочей смеси в нагнетателе и особенно во впускных трубах обычно выше 50° С. Поэтому смолистые отложения при работе двигателя сползают по стенкам впускных труб на штоки и головки клапанов впуска.

В начальный момент, когда смолы еще не успели скоксоваться, это может привести к «склеиванию» штока клапана с его направляющей и к зависанию клапана. В дальнейшем под воздействием высоких температур (выше 350° С) смолы коксуются с образованием на головках и штоках клапанов впуска твердого бугристого нагара.

Накопление нагара может, вызвать зависание клапанов, попадание отломившихся кусочков кокса на фаску клапана и нарушение герметичности его посадки на седло. Во всех случаях нормальная работа двигателя нарушается из-за сильной его тряски, а иногда и в результате обратных выхлопов в карбюратор.

Для предупреждения подобных случаев предусматривается удаление смолистых отложений из всасывающего тракта двигателя через каждые 300 ч его работы на бензинах, склонных к смолообразованию. В качестве растворителя смол используется жидкость МПК (масло поглотительное каменноугольное), которая вводится во всасывающий тракт двигателя при работе его на земле.

Жидкость МПК темно-коричневого цвета, хорошо горит, токсична. При температуре ниже 15° С расслаивается с выпадением хлопьевидного осадка, а при —8° С замерзает. При любой температуре хорошо смешивается с бензином, но оседает на дно, так как плотность ее больше, чем плотность бензина. Поэтому перед использованием в чистом виде жидкость рекомендуется подогревать до 20° С, а при смешении ее с бензином хорошо перемешивать до получения однородной смеси.

В жидкости МПК содержатся в небольшом количестве плохо растворимые в бензине вещества, которые после смешения выпадают в виде хлопьев. Им нужно дать возможность отстояться, а затем смесь профильтровать.

Жидкость МПК хорошо растворяет смолы и эффективно действует на всех участках всасывающего тракта, так как ее температура испарения выше 200° С. Растворившиеся смолы вместе с ней поступают в цилиндры двигателя и там сгорают.

Жидкость МПК в двигатель подается или в смеси ее с бензином через карбюратор, или в чистом виде (или в смеси 1:1 с бензином), через специальную форсунку, устанавливаемую в переходнике карбюратора.

## **6. ТОПЛИВНЫЙ НАСОС БНК-12БК**

### **6.1. НАЗНАЧЕНИЕ И ОСНОВНЫЕ ДАННЫЕ**

Для обеспечения нормальной работы карбюратора необходимо, чтобы избыточное давление топлива на входе в поплавковые камеры оставалось постоянным независимо от изменения режимов работы двигателя, режимов полета самолета, температуры и давления наружного воздуха и уровня топлива в топливных баках самолета. Избыточное давление топлива  $\Delta p_b$  равно разности между абсолютным его давлением перед иглой поплавкового механизма карбюратора  $p_b$  и давлением в воздушном пространстве поплавковых камер  $p_0$  (рис. 30):  $\Delta p_b = p_b - p_0$ .

Величина  $\Delta p_b$  замеряется топливным манометром и должна изменяться в незначительных пределах. При падении  $\Delta p_b$  ниже  $0,08 \text{ кгс}/\text{см}^2$  и увеличении сверх  $0,45 \text{ кгс}/\text{см}^2$  нормальная работа поплавкового механизма карбюратора нарушается, и он не в состоянии поддержать постоянный уровень топлива в поплавковой камере.

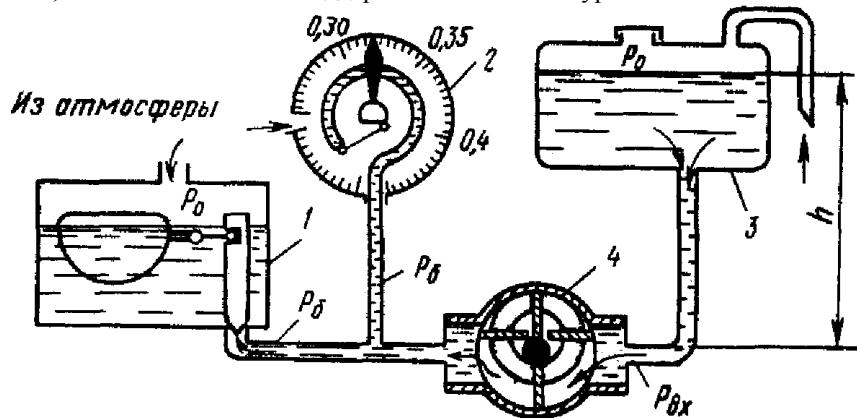


Рис. 30. Схема включения топливного манометра:  
1—карбюратор; 2—топливный манометр; 3—топливный бак; 4—топливный насос

Для двигателя АШ-62ИР избыточное давление топлива должно быть равно:

- на повышенных режимах работы —  $0,3—0,35 \text{ кгс}/\text{см}^2$ ;
- на режиме малого газа — не менее  $0,15 \text{ кгс}/\text{см}^2$ .

Следовательно, основное назначение топливного насоса — бесперебойная подача потребного количества топлива с избыточным давлением  $0,2—0,25 \text{ кгс}/\text{см}^2$  при любых условиях работы двигателя.

На двигателе АШ-62ИР устанавливается топливный насос коловоротного типа марки БНК-12БК (рис. 31). Он состоит из двух основных узлов: качающего узла и узла клапанов. Качающий узел подает топливо из топливных баков к карбюратору и повышает давление топлива.

Узел клапанов состоит из редукционного и перепускного клапанов. Редукционный клапан служит для поддержания постоянного избыточного давления топлива перед карбюратором, а перепускной — для перепуска топлива через насос при заливке топливной магистрали между насосом и карбюратором с помощью ручного насоса перед запуском двигателя.

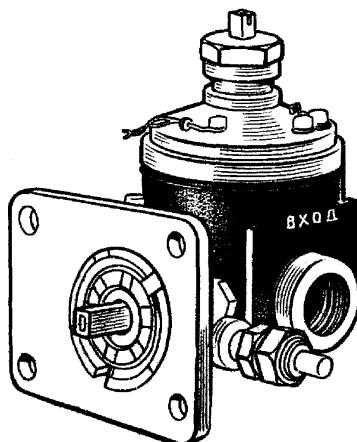


Рис. 31. Топливный насос БНК-12БК

#### Основные технические данные топливного насоса

Производительность при 2200 об/мин и высоте подсоса топлива $h = 1 \text{ м}$ , л/ч .....	не менее 1140
Минимальное число оборотов ротора, при котором насос обеспечивает подачу топлива без обрыва струи, об/мин .....	150
Максимально допустимое число оборотов ротора насоса в течение 30 сек, об/мин .....	2 700
Направление вращения ротора насоса .....	левое
Передаточное число от коленчатого вала к ротору насоса .....	1:1

Вес насоса, г ..... не более 1580  
 Потребляемая мощность, л. с. ..... до 0,5

## 6.2 ПРИНЦИП РАБОТЫ ТОПЛИВНОГО НАСОСА

**Работа качающего узла** (рис. 31). Неподвижный стакан 1, ротор 2, лопатки 3 и плавающий валик 4 качающего узла образуют коловратный механизм. Стакан имеет внутреннюю цилиндрическую расточку, в которую помещен ротор, и два боковых окна для входа и выхода топлива. Ось вращения ротора расположена эксцентрично по отношению к оси внутренней расточки стакана. Внутри ротора имеется плавающий валик. В четырех боковых взаимно перпендикулярных прорезях ротора установлены лопатки, которые с одной стороны опираются на внутреннюю поверхность стакана, с другой стороны — на поверхность плавающего валика.

Таким образом, ротор с лопатками делит внутреннюю полость стакана на четыре объема. Во время вращения ротора величина этих объемов непрерывно меняется: со стороны линии всасывания — увеличивается, со стороны линии нагнетания — уменьшается. В увеличивающихся объемах создается разрежение, благодаря которому топливо подсасывается из топливных баков. Из уменьшающихся объемов топливо под давлением вытесняется в полость нагнетания насоса и в топливный трубопровод, соединяющий насос карбюратором. Величина давления топлива зависит от противодавления на выходе из насоса и определяется регулировкой его редукционного клапана.

Из схемы работы качающего узла видно, что каждые две лопатки его вместе с валиком образуют как бы одну разъемную по ширине на три части «пластины». Так как ось вращения ротора и, следовательно, этой пластины не совпадает с осью расточки стакана, то пластина, располагаясь при вращении по хордам сечения расточки, проходящим через ось вращения ротора и имеющим различную длину, должна соответственно менять свою ширину. В противном случае работа качающего узла будет невозможна. Наибольшая ширина пластины соответствует расположению ее по диаметру расточки  $D$ ; наименьшая — по самой короткой хорде  $A$ . Следовательно, максимальное изменение ширины пластины равно  $D - A$ .

Изменение ширины пластины и надежный контакт лопаток с поверхностью стакана в любом их положении обеспечиваются тем, что лопатки обкатываются вокруг плавающего валика и при этом смещаются

относительно его диаметра, удаляясь или приближаясь одна к другой на наибольшую величину  $\frac{D - A}{2}$ .

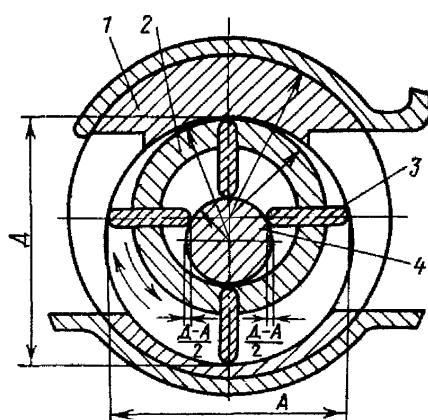


Рис. 31. Схема устройства и работы качающего узла топливного насоса БНК-2БК:  
 1 — стакан; 2 — ротор; 3 — лопатка; 4 — плавающий валик

Производительность качающего узла зависит от числа оборотов ротора и давления топлива на входе в насос. Максимальная производительность насоса БНК-12БК значительно превышает максимально возможный расход топлива двигателем АШ-62ИР. Так, на взлетном режиме при расходе топлива около 300 кг/ч качающий узел дает не менее 900 кг/ч, т. е. в 3 раза больше, чем необходимо для работы двигателя. Избыток топлива, подаваемого качающим узлом, перепускается через редукционный клапан обратно на линию входа в насос.

Значительный запас производительности качающего узла предусматривается по следующим причинам.

1. Изменение режимов или условий работы двигателя по-разному влияет на изменение величины расхода топлива двигателем и производительности качающего узла насоса. Так, увеличение наддува при неизменном числе оборотов приводит к увеличению расхода топлива, в то время как производительность качающего узла не меняется.

С увеличением высоты полета расход топлива в зависимости от режима работы двигателя может как уменьшаться, так и увеличиваться. Производительность же качающего узла с увеличением высоты полета при неизменном числе оборотов всегда уменьшается.

Для устранения опасности превышения расхода топлива по сравнению с производительностью качающего узла насоса последняя берется со значительным запасом на всех режимах работы двигателя.

2. Для поддержания на выходе из насоса постоянного избыточного давления топлива  $\Delta p_b$  необходимо иметь автоматический регулятор давления. Этим регулятором является редукционный клапан который может устойчиво работать только при перепуске через него значительного количества топлива.

Это также требует превышения производительности качающего узла насоса над расходом топлива двигателем при любых условиях его работы.

**Работа редукционного клапана** (рис. 32). Механизм редукционного клапана включает в себя клапан 4, упругую диафрагму 3 из прорезиненной ткани, пружину 2 и регулировочный винт 1. По периферии диафрагма зажата между корпусом насоса и крышкой его редукционной камеры. В центре она прижата пружиной 2 к клапану 4. Полость под редукционным клапаном сообщена с полостью нагнетания, насоса, и на клапан снизу действует абсолютное давление топлива на выходе из насоса  $p_b$ .

Полость между клапаном и диафрагмой сообщена с полостью всасывания, поэтому на клапан сверху вниз, а на диафрагму — снизу вверх действует давление топлива на входе в насос  $p_{bx}$ . Оно слагается из суммы атмосферного давления в топливном баке  $p_0$  и статического напора  $p_{st}$  за вычетом гидравлических потерь  $p_{rc}$  на линии топливный бак — насос при протекании по ней топлива\*, т. е.

$$p_{bx} = p_0 + p_{st} - p_{rc}$$

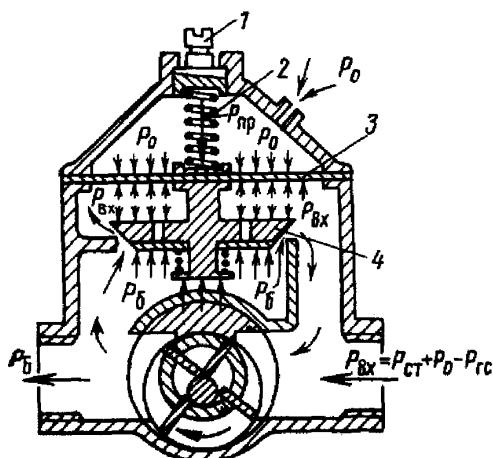


Рис. 32. Детали редукционного клапана насоса БНК-12БК и схема сил, действующих на него:  
1—регулировочный винт; 2—пружина;  
3—диафрагма; 4—клапан

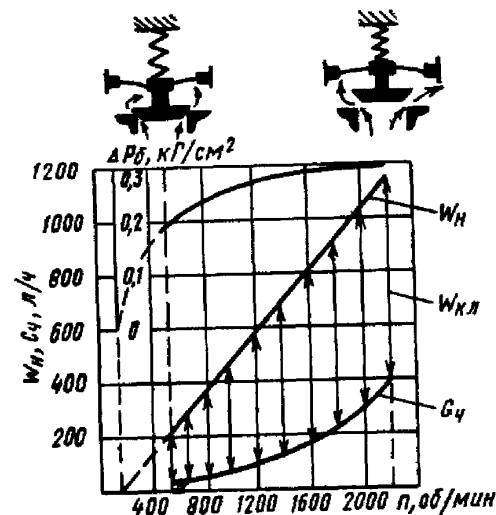


Рис. 33. Изменение производительности насоса БНК-12БК ( $W_n$ ), расхода топлива двигателем ( $G_4$ ) и давления топлива ( $\Delta P_b$ ) в зависимости от числа оборотов двигателя

Полость над диафрагмой сообщена с атмосферой, и на диафрагму сверху действует давление окружающего воздуха  $p_0$ , примерно равное давлению в воздушных полостях поплавковых камер карбюратора.

Такое устройство редукционного клапана обеспечивает сохранение избыточного давления топлива в заданных пределах независимо от соотношения производительности качающего узла и расхода топлива двигателем, изменения уровня топлива в баках и высоты полета.

\* Статический напор определяется величиной  $h$  (см. рис. 30). При расположении топливного бака ниже топливного насоса давление на входе в насос  $p_{bx}$  уменьшается на величину  $p_{st}$ . В этом случае  $p_{st}$  нужно брать со знаком минус.

**1. Работа редукционного клапана в случае изменения соотношения между производительностью качающего узла насоса и расходом топлива двигателем (при неизменной высоте полета и неизменном уровне топлива в баках).**

Наиболее характерное изменение соотношения между производительностью качающего узла насоса и расходом топлива двигателем происходит при изменении числа оборотов (рис.33).

Полная часовая производительность качающего узла  $W_h$  изменяется прямо пропорционально числу оборотов и показана на рисунке прямой. Часовой расход топлива  $G_h$  при работе двигателя по винтовой характеристике изменяется в зависимости от числа оборотов примерно по закону кубической параболы и для двигателя АШ-62ИР показан нижней кривой.

Из рисунка видно, что производительность качающего узла значительно больше расхода топлива двигателем во всем диапазоне его оборотов. Поэтому редукционный клапан во время работы двигателя всегда открыт и перепускает избыток топлива на линию всасывания насоса. Перепуск топлива через клапан  $W_{кл}$  непрерывно увеличивается по мере увеличения числа оборотов.

С увеличением перепуска топлива через клапан увеличивается подъем клапана над седлом, что приводит к большему сжатию пружины и к повышению силы ее упругости. В результате абсолютное давление топлива на выходе из насоса  $p_b$  увеличивается. Так как наружное давление  $p_o$  при этом не меняется, то избыточное давление  $\Delta p_b = p_b - p_o$  показываемое топливным манометром, также увеличивается (верхняя кривая линия на рис. 33).

Однако при правильной регулировке редукционного клапана в исправном насосе избыточное давление не выходит из установленных пределов ( $0,3-0,35 \text{ кгс}/\text{см}^2$ ) во всем диапазоне рабочих оборотов.

**2. Работа редукционного клапана при изменении уровня топлива в топливных баках (рис. 34).** Изменение уровня топлива при прочих неизменных условиях приводит к изменению давления топлива на входе в насос  $p_{bx}$  за счет изменения статического напора  $p_{ст}$ .

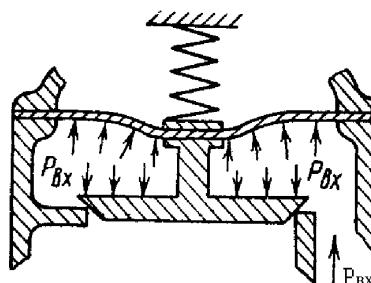


Рис. 34. Работа редукционного клапана насоса БНК-12БК при изменении уровня бензина в баках

Давление  $p_{bx}$  действует на диафрагму клапана, уменьшая усилие, действующее на него сверху, на величину  $p_{bx} \cdot F_d$ ,

где  $F_d$  — эффективная площадь диафрагмы\*.

С другой стороны, давление  $p_{bx}$  действует на клапан, стремясь прижать его к седлу с силой  $p_{bx} \cdot F_{кл}$ , где  $F_{кл}$  — площадь редукционного клапана.

Чтобы изменение давления топлива на входе в насос не влияло на работу редукционного клапана, необходимо взаимно уравновесить усилия, действующие на него снизу вверх и сверху вниз, т. е. соблюсти равенство:  $p_{bx} \cdot F_d = p_{bx} \cdot F_{кл}$ .

Это возможно только в том случае, когда эффективная площадь диафрагмы  $F_d$  будет равна площади клапана  $F_{кл}$ . Редукционный клапан насоса сконструирован именно так, что эти площади примерно одинаковы.

\* Под эффективной площадью диафрагмы следует понимать не геометрическую площадь ее поверхности, а эквивалентную ей площадь, вычисленную с учетом влияния упругости материала диафрагмы, степени ее деформации, заделки диафрагмы в корпусе насоса и на штоке клапана. Эффективная площадь диафрагмы примерно в 2 раза меньше ее геометрической площади.

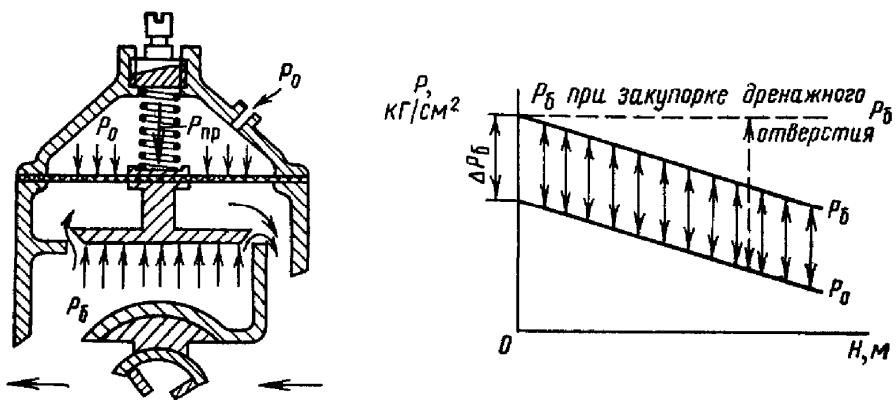


Рис. 35. К работе редукционного насоса БНК-12БК при изменении высоты полета

Следовательно, как бы ни изменялось давление топлива на входе в насос по какой угодно причине (при постоянной его производительности), абсолютное давление топлива на выходе из насоса и избыточное давление  $\Delta p_b$  будут оставаться постоянными.

**3. Работа редукционного клапана при изменении высоты полета** (рис. 35). С изменением высоты полета меняется барометрическое давление  $p_o$ , а следовательно, и давление в воздушных полостях поплавковых камер карбюратора.

Пропорционально изменению  $p_o$  изменяется усилие  $p_o \cdot F_d$ , передаваемое диафрагмой на клапан, — «затяжка» клапана. Следовательно, и абсолютное давление топлива на выходе из насоса  $p_b$  будет изменяться пропорционально давлению  $p_o$  а избыточное давление  $\Delta p_b = p_b - p_o$  будет оставаться постоянным на всех высотах. Таким образом, сообщение полости над диафрагмой клапана с атмосферой обеспечивает необходимое саморегулирование клапана с изменением высоты полета.

Если эту полость разобщить с атмосферой на земле, то при увеличении высоты полета давление в ней изменяться не будет. Следовательно, будет постоянной и величина абсолютного давления топлива на выходе из насоса (пунктир на графике рис. 35). Избыточное же давление топлива будет непрерывно возрастать, что и покажет топливный манометр. Это может привести к нарушению нормальной работы поплавкового механизма карбюратора, переполнению поплавковых камер топливом и к отказу двигателя. Подобное явление происходит при закупорке трубки, сообщающей полость над диафрагмой с атмосферой.

**Работа перепускного клапана.** Перепускной клапан служит для перепуска топлива, подаваемого к карбюратору ручным насосом, через качающий узел насоса БНК-12БК, когда он не работает. Наличие клапана позволяет:

- залить магистраль между насосом и карбюратором и создать в ней необходимое давление топлива перед запуском двигателя;
- поддержать работу двигателя в полете с помощью ручного насоса в случае выхода из строя насоса БНК-12БК или его привода;
- проверить герметичность игольчатых клапанов поплавковых механизмов карбюратора во время технического обслуживания двигателя.

Перепускной клапан (рис. 36) представляет собой обычную стальную пластинку, смонтированную под тарелкой редукционного клапана, к которой она прижимается пружиной. Второй конец пружины опирается на шайбу, надетую на шток редукционного клапана. Для подвода топлива к перепускному клапану тарелка редукционного клапана имеет ряд сквозных отверстий, расположенных по окружности.

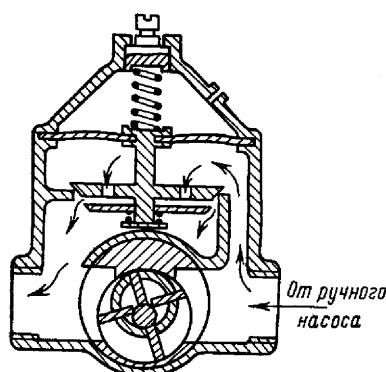


Рис. 36. Схема работы перепускного клапана насоса БНК-12БК

При работе ручного насоса топливо под давлением поступает в полость между тарелкой и диафрагмой редукционного клапана и, действуя на перепускной клапан, открывает его и проходит в полость нагнетания насоса. По окончании работы ручного насоса перепускной клапан закрывается под действием пружины. На работающем насосе перепускной клапан все время закрыт и никакого влияния на его работу не оказывает.

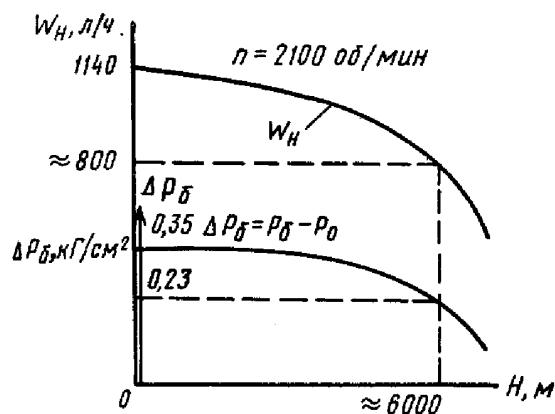


Рис. 37. Изменение производительности насоса БНК-12БК и давления бензина в зависимости от высоты полета

**Работа насоса при подъеме на высоту.** При подъеме на высоту атмосферное давление уменьшается, что приводит к уменьшению давления топлива на линии топливный бак — насос и на входе в насос. При уменьшении давления повышается интенсивность испарения топлива и выделения растворенного в нем воздуха \*. При некотором давлении, соответствующем высоте 1000—1500 м, в потоке топлива образуются пузырьки, заполненные воздухом и парами топлива, что затрудняет заполнение топливом пространства между лопатками насоса и уменьшает производительность качающего узла.

При дальнейшем снижении давления на входе в насос интенсивность испарения топлива и выделения из него воздуха еще больше увеличивается. Пузырьки воздуха становятся более крупными, и производительность качающего узла начинает снижаться более резко. Наконец, на некоторой высоте в трубопроводах топливной системы и на входе в насос образуются сплошные полости, заполненные парами и воздухом, которые разрывают поток топлива. В результате подача топлива к карбюратору прекращается \*\*.

Уменьшение производительности качающего узла насоса с подъемом на высоту, при неизменном расходе топлива двигателем, вызывает уменьшение перекачки его через редукционный клапан, что приводит к падению абсолютного и избыточного давления топлива на выходе из насоса. Примерный характер изменения производительности насоса БНК-12БК и избыточного давления топлива в зависимости от высоты полета показан на рис. 37.

Исправный насос БНК-12БК в состоянии поддерживать избыточное давление топлива, равное 0,35 кгс/см<sup>2</sup>, до высоты около 6000 м, т. е. в пределах практического потолка самолета Ан-2.

\*Количество воздуха, растворенного в топливе, достигает 15% по объему. Этот воздух занимает межмолекулярное пространство в жидком топливе и поэтому не вызывает увеличения объема топлива.

\*\* Явление выделения из жидкости ее паров и растворенного в ней воздуха, а также образование пустот, заполненных парами и воздухом, называется кавитацией. Кавитационные явления развиваются тем интенсивнее, чем ниже давление на входе в насос, чем выше температура топлива и его испаряемость и чем больше завихренность струи топлива. С увеличением завихрений ускоряется процесс слияния мелких пузырьков паров и воздуха в газовые пузыри, способные разорвать поток топлива. В этом отношении большую отрицательную роль играет перекачка топлива через редукционный клапан на вход в насос, так как это создает сильное вихревое движение его в полости всасывания. Для уменьшения кавитации, повышения производительности и высотности топливных насосов на высотных самолетах устанавливаются специальные насосы подкачки. Для этой же цели применяется наддув топливных баков (избыточное давление до 0,15—0,20 кгс/см<sup>2</sup> сверх барометрического) и ряд других способов.

### 6.3.КОНСТРУКЦИЯ ТОПЛИВНОГО НАСОСА

**Корпус и качающий узел.** Корпус насоса 9 (рис. 38) — цельнолитой из сплава алюминия. Сверху он закрыт крышкой редукционной камеры 5. Со стороны фланца крепления насоса корпус имеет колодец, в котором смонтирован качающий узел и его уплотнение, состоящее из двух армированных резиновых манжет 10 и двух резиновых колец. Уплотнение служит для устранения пропуска топлива из качающего узла в двигатель и масла из двигателя в качающий узел.

Для слива масла или топлива, проникшего через уплотнение, корпус имеет сливное отверстие с резьбой под штуцер, к которому присоединяется сливная трубка.

В колодце корпуса с обеих сторон стакана качающего узла 14 запрессованы бронзовые подшипники 1 ротора 13.

Во внутренний подшипник запрессован сквозной продольный штифт 2, который одним концом входит в засверловку дна колодца корпуса, другим — в засверловку стакана. Штифт служит для правильной установки стакана в корпусе и контрат его от проворачивания.

Справа и слева в корпусе сделаны отверстия с резьбой под штуцеры всасывающего и нагнетающего трубопроводов; сверху — расточка, на кромки которой опираются редукционный клапан 18 и гнездо для его штока. Полость под штоком клапана сообщена каналом с линией нагнетания насоса. В теле корпуса отливкой образованы два канала для перепуска топлива через редукционный клапан.

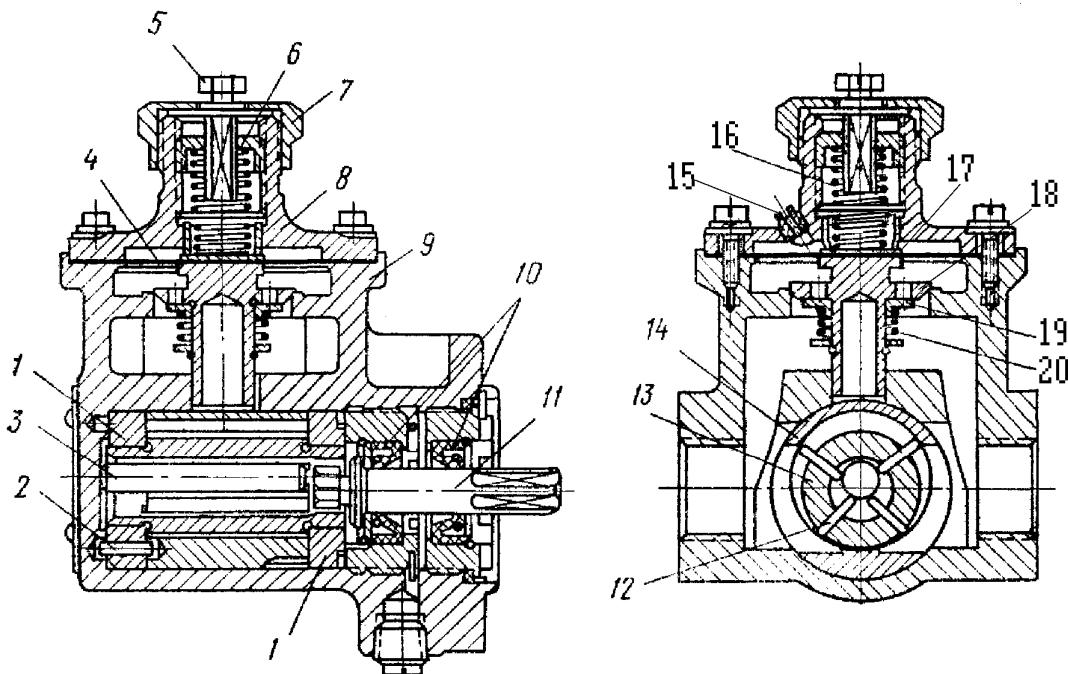


Рис. 38. Конструкция топливного насоса БНК-12БК:

1—подшипник ротора; 2—штифт; 3—плавающий валик; 4—диафрагма; 5—стержень; 6—регулировочный винт; 7—зажимная гайка; 8—крышка редукционной камеры; 9—корпус; 10—резиновые уплотнительные манжеты; 11—хвостовик; 12—лопатка; 13—ротор; 14—стакан; 15—штуцер; 16—пружина редукционного клапана; 17—шайба; 18—редукционный клапан; 19—перепускной клапан; 20—пружина перепускного клапана

Стакан 14, ротор 13, лопатки 12 и плавающий валик 3 качающего узла стальные. Для уменьшения износа внутренняя поверхность стакана, ротор и лопатки азотируются, а валик закаливается. Ротор шлицами соединен с хвостовиком 11, через который он получает вращение от привода двигателя.

Крышка редукционной камеры 8 имеет отверстие с резьбой под регулировочный винт 6 редукционного клапана и наружную резьбу для зажимной гайки 7. Винт поворачивается с помощью входящего в него стержня 5 квадратного сечения. Стержень имеет шестигранную головку под ключ с прорезью под отвертку и фланец, которым он прижимается гайкой 7 к крышке редукционной камеры. Гайка контратится проволокой.

Для сообщения полости над диафрагмой с атмосферой в крышке сделано отверстие с резьбой. В него ввертывается штуцер 15, к которому присоединяется трубка, выведенная за капот двигателя.

Уплотнение разъема крышки и корпуса обеспечивается диафрагмой 4.

**Редукционный клапан** 18— стальной. Тарелка клапана имеет отверстия для перепуска топлива через перепускной клапан. Сверху к клапану пружиной 16 прижата диафрагма 4. Под пружину поставлена дюралюминиевая шайба 17, являющаяся одновременно и ее направляющей.

На штоке клапана смонтирован перепускной клапан 19. Пружина его 20 опирается на шайбу, закрепленную от перемещений вниз стопорным кольцом.

#### 6.4.ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ТОПЛИВНОГО НАСОСА

**Периодическое техническое обслуживание** топливного насоса заключается в осмотре его и проверке на герметичность под давлением. При осмотре насоса проверяется надежность его крепления к двигателю, отсутствие повреждений насоса, штуцеров, сливной трубы, уплотнения и надежность их крепления, состояние контровки гайки регулировочного винта, отсутствие выпучивания прокладки и подтекания масла из-под фланца крепления насоса, а также следов подтекания топлива по резьбе штуцеров, по разъему корпуса и крышки насоса, из дренажных трубок.

Проверка соединений насоса на герметичность осуществляется при давлении топлива  $0,3\text{--}0,4 \text{ кгс}/\text{см}^2$ . Давление топлива создается ручным насосом и поддерживается в течение нескольких минут.

**Регулирование давления топлива** производится во всех случаях, когда оно отклоняется от установленной нормы, равной  $0,3\text{--}0,35 \text{ кгс}/\text{см}^2$ . Порядок регулирования следующий:

— расконтрить зажимную гайку регулировочного винта и отвернуть ее на  $1/4$  —  $1/2$  оборота, удерживая регулировочный винт от проворачивания отверткой или ключом;

— повернуть регулировочный винт в нужную сторону, учитывая, что поворот его на один оборот изменяет давление топлива примерно на  $9,1 \text{ кгс}/\text{см}^2$ ; поворот винта по ходу часовой стрелки соответствует увеличению давления топлива, против хода часовой стрелки — уменьшению (рис. 39);

— затянуть гайку крепления регулировочного винта, удерживая его от проворачивания.

Для определения правильности регулировки необходимо запустить двигатель и проверить величину давления топлива. Если оно находится в пределах установленной нормы, остановить двигатель и законтрить гайку регулировочного винта проволокой.

**Регулировать давление топлива на работающем двигателе запрещается.**

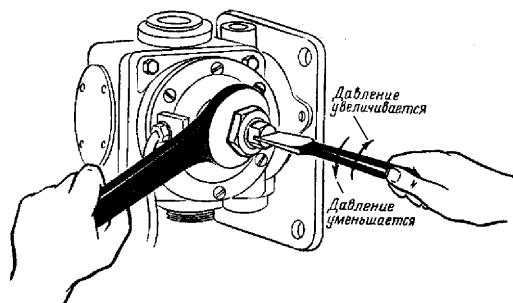


Рис.39. Регулирование давления бензина

#### 6.5.НЕИСПРАВНОСТИ ТОПЛИВНОГО НАСОСА, ИХ ПРИЧИНЫ, СПОСОБЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ И УСТРАНЕНИЯ

В процессе эксплуатации двигателя возможно появление неисправностей насоса, вызванных нарушением нормальной работы механизма редукционного клапана, качающего узла, его уплотнения. Во всех этих случаях насос подлежит замене.

Разборка топливного насоса для замены неисправных деталей в условиях эксплуатации не разрешается.

Любая из неисправностей насоса, за исключением неисправностей уплотнения, определяется по величине и характеру изменения давления топлива (по манометру) при изменении числа оборотов двигателя. Давление топлива может изменяться также при неисправностях карбюратора, топливного манометра и топливной системы самолета на участке от топливных баков до насоса. Поэтому во всех случаях отклонения давления топлива от установленной величины необходимо, прежде всего, убедиться в исправности топливной системы, карбюратора и топливного манометра и только после этого принимать решение о замене насоса.

К числу наиболее характерных относятся следующие неисправности топливного насоса.

**1. Сразу после запуска двигателя давление топлива падает до нуля и происходит останов двигателей.**

Неисправность, обычно, происходит из-за значительного подсоса топлива на линии всасывания. Причины — или неплотности разъема корпуса насоса с крышкой редукционной камеры, или разрушение диафрагмы редукционного клапана, или нарушение герметичности соединений топливной магистрали от топливных баков до насоса.

В первом и втором случаях при создании давления  $0,3\text{--}0,4 \text{ кгс}/\text{см}^2$  ручным насосом появится течь топлива или по разъему корпуса, или из трубы, сообщающей полость редукционного клапана с атмосферой. В обоих случаях насос необходимо заменить.

Нарушение герметичности соединений топливной системы определяется по следам подтеков топлива на них и по течи топлива из соединений при неработающем двигателе и открытых топливных кранах.

**2. Давление топлива на режиме малого газа ниже  $0,15 \text{ кгс}/\text{см}^2$  при нормальном давлении на всех других режимах.**

Причина неисправности — незначительный подсос воздуха на линии всасывания в насос или износ качающего узла насоса.

Неисправность обычно сопровождается колебанием давления топлива на режиме малого газа.

Происходит это потому, что из-за недостаточной производительности качающего узла и малой прокачки топлива через редукционный клапан он работает неустойчиво, находится в положении, очень близком к полному закрытию. При этом клапан может то садится на седло, то незначительно поднимается над ним,

При увеличении числа оборотов прокачка топлива через клапан увеличивается, и он устойчиво поддерживает давление  $0,3\text{--}0,35 \text{ кгс}/\text{см}^2$ .

**3. Давление топлива на всех режимах неустойчиво — стрелка манометра резко колебается в стороны повышения и понижения давления.**

Причина неисправности — заедание штока редукционного клапана в направляющем отверстии корпуса редукционной камеры.

**4. Давление топлива на режиме малого газа нормально, но сильно падает с увеличением числа оборотов.**

Причина неисправности — загрязнение фильтра топливной системы или «клапанная» закупорка топливной магистрали.

При загрязнении фильтра (даже значительном) давление топлива на режиме малого газа может быть нормальным, так как расход топлива мал и оно через фильтр к насосу поступает в необходимом количестве. С увеличением числа оборотов расход топлива двигателем резко увеличивается. Фильтр не в состоянии пропустить достаточное количество топлива, поэтому производительность насоса и прокачка топлива через редукционный клапан уменьшаются. Клапан все больше приближается к полному закрытию, и давление топлива падает.

Аналогичное явление происходит и в результате «клапанной» закупорки топливной магистрали, например, при разрыве и отслоении внутреннего резинового слоя дюритового шланга.

Во всех случаях появления указанной выше неисправности необходимо прежде всего проверить фильтр топливной системы, и, если он чист, тщательно осмотреть и продуть воздухом всю топливную систему.

**5. Давление топлива непрерывно увеличивается по мере увеличения высоты полета.**

Причина неисправности — закупорка трубы, сообщающей полость над диафрагмой редукционного клапана с атмосферой (см. рис. 35). В этих случаях надо ограничить высоту полета так, чтобы давление бензина по манометру не превышало  $0,45 \text{ кгс}/\text{см}^2$ .

**6. Давление топлива нормально, но двигатель не работает из-за обеднения топливной смеси.**

Причина неисправности — загрязнение фильтров карбюратора или заедание иглы поплавкового механизма в закрытом положении (см. карбюратор АКМ-62ИРА).

**7. Давление топлива устойчиво, но мало на всех режимах.**

Причиной этого является неправильная регулировка редукционного клапана или уменьшение упругости его пружины, или занижение показания топливного манометра из-за его неисправности. Для устранения неисправности необходимо проверить топливный манометр и, если он исправен, отрегулировать редукционный клапан, как было указано выше.

**8. Давление топлива мало или равно нулю, но двигатель на всех режимах работает нормально.**

Причина — неисправность топливного манометра.

**9. Течь топлива или масла через дренажную трубку уплотнения качающего узла.**

Причина неисправности — износ уплотнения качающего узла. В этом случае насос необходимо заменить.

## Глава 12. СИСТЕМА ЗАЖИГАНИЯ ДВИГАТЕЛЯ АШ-62ИР.

### 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О СИСТЕМЕ ЗАЖИГАНИЯ ДВИГАТЕЛЯ АШ-62ИР

Рабочая смесь в цилиндрах двигателя зажигается электрической искрой высокого напряжения. Для этой цели двигатель имеет систему зажигания (рис. 12-1), включающую в себя два магнето БСМ-9, являющихся источниками тока высокого напряжения; запальные свечи СД-48БСМ, установленные по две в каждом цилиндре двигателя; коллектор проводов зажигания, соединяющих магнето со свечами. Передние свечи обслуживаются правым магнето, задние — левым.

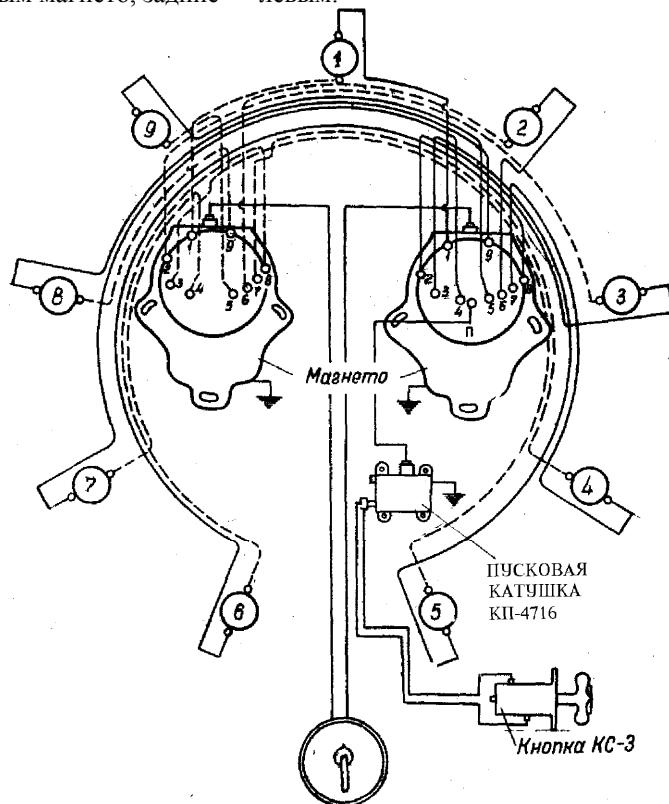


Рис.12-1. Схема системы зажигания двигателя АШ-62ИР на самолете Ан-2

Для зажигания смеси при запуске двигателя, когда из-за малой частоты вращения ротора магнето создает недостаточное напряжение, в системе зажигания предусмотрена пусковая индукционная катушка типа КП-4716. При запуске она создает напряжение до 18000 в., что достаточно для образования искры. Катушка включается кнопкой КС-3, установленной в кабине пилотов. Напряжение от пусковой катушки подводится к распределителю правого магнето, откуда по проводам поступает к передним свечам.

Управление системой зажигания, т. е. включение и выключение магнето поодиночке и одновременно, осуществляется переключателем магнето, установленным в кабине пилотов. Он соединен проводами с клеммами выключения магнето.

На самолетах Ан-2 используются переключатели типа ПМ-1 с одним рычажком для переключения магнето. Рычажок переключателя можно установить в одно из четырех положений:

- «0» — оба магнето выключены;
- «1» — правое магнето включено, левое — выключено;
- «2» — левое магнето включено, правое — выключено;
- «1+2» — оба магнето включены.

Система зажигания двигателя представляет собой электрическую цепь переменного тока низкого и высокого напряжения. Как известно, вокруг всякого проводника с током возникает магнитное поле. При изменении его величины и направления в окружающих замкнутых проводниках, находящихся в этом поле, будут индуцироваться токи. Наличие этих токов вокруг проводников системы зажигания создает помехи радиоприему на самолете.

С целью устраниТЬ вредное влияние системы зажигания на работу радиоаппаратуры самолета ее экранируют. Экраном служит чехол из металла, не обладающего магнитными свойствами, покрывающий все агрегаты и провода системы зажигания и заземленный на корпус самолета.

Принцип действия экрана состоит в следующем. Так как экран представляет собой замкнутую цепь, находящуюся в магнитном поле, возникающем вокруг агрегатов и проводников системы зажигания, то при

изменении этого поля в нем будет индуцироваться переменный ток. Вокруг экрана создается собственное магнитное поле, которое согласно закону взаимоиндукции направлено в сторону, противоположную магнитному полю системы зажигания, ослабляет его и тем самым уменьшает дополнительные токи, индуцируемые им в контурах радиоприемников, т. е. уменьшает помехи радиоприему. Если бы экран имел бесконечно малое сопротивление, то он полностью устранил бы магнитное поле системы зажигания и ее вредное действие на работу радиосредств. Практически такой экран создать невозможно, поэтому экранирование системы зажигания лишь частично снижает радиопомехи. Из этого следует, что для повышения эффективности действия экрана в процессе эксплуатации двигателя необходимо тщательно следить за качеством электрических соединений экранировки системы зажигания с корпусом самолета двигателя, определяющих величину сопротивления цепи экрана. Конструктивное оформление экранирования системы зажигания рассматривается ниже.

## 2. МАГНЕТО БСМ-9

Магнето БСМ-9 (рис. 12-2) предназначено для генерирования и своевременной подачи на свечи высокого напряжения (15 000...18 000 в). Подача напряжения на свечи должна осуществляться с выполнением следующих условий:

- углы опережения зажигания во всех цилиндрах должны оставаться оптимальными при изменении частоты вращения коленвала двигателя;
- углы опережения зажигания в цилиндрах с прицепными шатунами должны быть такими, чтобы устранить неравенство фаз газораспределения по цилиндрам (см. пособие по теме 4);
- углы опережения зажигания при запуске двигателя должны быть значительно меньше, чем при работе двигателя на режимах «малый газ» и выше. Это необходимо для того, чтобы максимальное давление в цилиндрах при запуске гарантированно возникало бы после прохождения поршнями ВМТ;
- подача напряжения на свечи должна осуществляться в следующей последовательности по цилиндрам: 1-3-5-7-9-2-4-6-8 (см. пособие по теме 7).

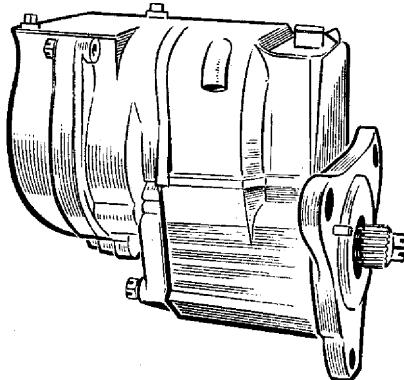


Рис. 12-2. Внешний вид магнето БСМ-9

Магнето БСМ-9 при помощи фланца крепится к задней крышки картера двигателя.

### Основные технические данные магнето БСМ-9.

Направление вращения .....	левое
Передаточное число от коленчатого вала к ротору магнето.....	9: 8
Диапазон изменения углов опережения зажигания, который обеспечивает автомат.....	13—17°
по ротору магнето	
Абрис магнето.....	13—16°
по ротору магнето	
Начало работы автомата опережения зажигания, об/мин.....	950
Прекращение работы автомата опережения зажигания, об/мин .....	1450
Частота вращения ротора магнето, об/мин	
минимальная.....	600
номинальная.....	3000
максимальная.....	3600
Зазор между контактами прерывателя, мм .....	0,25—0,35
Вес магнето, кг .....	не более 5,4

## 2.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О МАГНЕТО БСМ-9

Работа магнето основана на принципе электромагнитной индукции. Он заключается в том, что при пересечении проводника магнитными силовыми линиями в этом проводнике индуцируется электродвижущая сила, если же проводник составляет замкнутую цепь, то в ней потечет электрический ток.

В магнето вырабатывается ток низкого напряжения и одновременно осуществляется преобразование его в ток высокого напряжения. В связи с этим отпадает необходимость иметь в системе зажигания какой-либо другой источник тока низкого напряжения.

Принципиальная схема устройства и работы магнето БСМ-9 показана на рис.12-3.

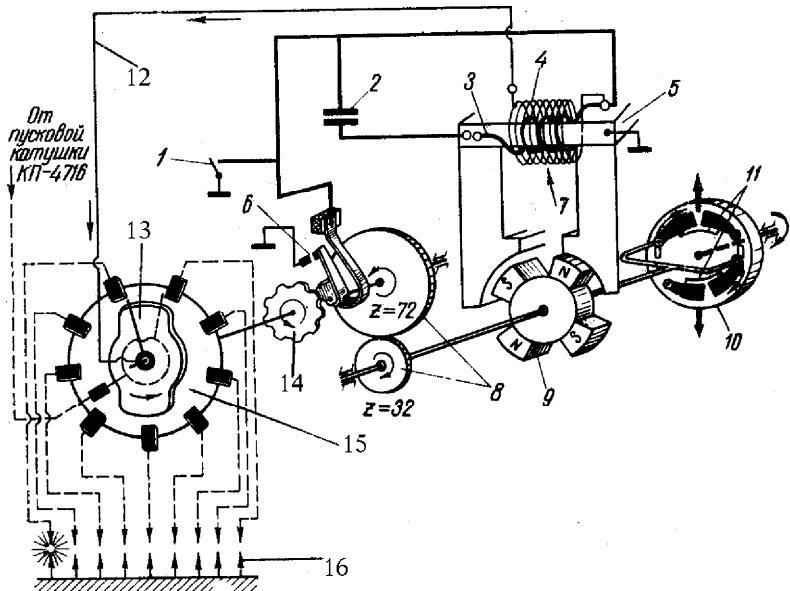


Рис. 12-3. Схема работы магнето БСМ-9

1 — переключатель; 2 — конденсатор; 3 — первичная обмотка; 4 — вторичная обмотка; 5 — сердечник трансформатора; 6 — прерыватель; 7 — якорь; 8 — шестерни; 9 — ротор; 10 — автомат опережения зажигания; 11 — пружины; 12 — вывод высокого напряжения; 13 — бегунок; 14 — кулачковая шайба; 15 — распределитель; 16 — свечи

Магнето состоит из магнитной, электрической и механической частей.

**Магнитная часть** включает в себя:

- ротор магнето (поз.9). Ротор магнето цилиндрической формы. Он намагнчен вдоль оси, как двухполюсный магнит, и имеет четыре полюсных магнитных наконечника, смещенные один относительно другого на 90°. Магнитные наконечники служат для создания магнитного потока. Ротор получает вращение от привода двигателя через автомат опережения зажигания (поз. 10, 11);

- полюсные башмаки со стойками и якорем (поз.7), являющиеся магнитопроводами, по которым магнитный поток подводится к сердечнику трансформатора;

- сердечник трансформатора (поз.5), в котором при вращении ротора образуется переменный по величине и направлению магнитный поток.

**Электрическая часть** магнето состоит из двух электрических цепей: первичной и вторичной.

В первичную цепь входят: первичная обмотка трансформатора (поз.3), прерыватель (поз.6), конденсатор (поз.2) и переключатель (поз.1).

Один конец первичной обмотки припаян к сердечнику и через него соединен с массой; другой конец подключен к подвижному контакту прерывателя, изолированному от массы. Прерыватель, конденсатор и переключатель включены параллельно первичной обмотке.

Во вторичную цепь входят: вторичная обмотка трансформатора (поз.4), вывод высокого напряжения (поз.12), бегунок распределителя (поз.13), распределитель тока высокого напряжения (поз.15) и свечи (поз.16).

Один конец вторичной обмотки соединен с первичной обмоткой и через нее с массой, другой — через вывод высокого напряжения с рабочим контактом бегунка распределителя.

Высокое напряжение подводится к электроду бегунка и при его вращении через контакты распределителя подается к свечам в цилиндрах.

**Механическая часть** обеспечивает:

- синхронное с коленвалом двигателя вращение бегунка;

—корректировку углов опережения зажигания при изменении частоты вращения коленвала.

Состав механической части: автомат опережения зажигания (поз.10, 11), шестерни привода бегунка и кулачковой шайбы (поз.8), кулачковая шайба.

Количество зубьев на шестернях (поз. 8) таково, что передаточное отношение от ротора магнето к бегунку составляет 9:8. Учитывая, что передаточное отношение от коленвала к ротору составляет 4:9 (см. пособие по теме 9) можно записать:  $i_{\Sigma} = \frac{4}{9} : \frac{9}{8} = \frac{1}{2}$ . Следовательно, бегунок делает один оборот за два оборота коленвала. Это обеспечивает периодическую подачу напряжения к свечам цилиндров через каждые  $720^{\circ}$  поворота коленвала.

На одном валу с бегунком вращается кулачковая шайба (поз.14). При вращении она своими кулачками размыкает контакты прерывателя (поз.6), после прохождения кулачка контакты под воздействием пружины замыкаются. Поскольку на кулачковой шайбе девять кулачков, то за два оборота коленвала происходит девять размыканий — замыканий прерывателя и, соответственно, на все девять запальных свечей в нужной последовательности будет подано высокое напряжение.

Ротор магнето приводится во вращение от двигателя через автомат опережения зажигания. Автомат осуществляет корректировку углов опережения зажигания при изменении частоты вращения коленвала. Корректировка достигается поворотом входного вала магнето относительно его ротора. При этом происходит изменение углового положения всех вращающихся деталей от автомата до бегунка и, следовательно, изменяются углы опережения зажигания. Цель корректировки — увеличение углов опережения зажигания при росте частоты вращения коленвала.

## 2.2.ПРИНЦИП РАБОТЫ МАГНЕТО

При вращении ротора магнитный поток, создаваемый им в сердечнике трансформатора, непрерывно меняется по величине и направлению (рис. 12-4).

Если ротор занимает положение *A* то магнитные силовые линии, направляясь от северного полюсного наконечника ротора к южному, замыкаются через полюсные башмаки и сердечник трансформатора. Магнитный поток, проходящий через сердечник, будет иметь при этом максимальную величину.

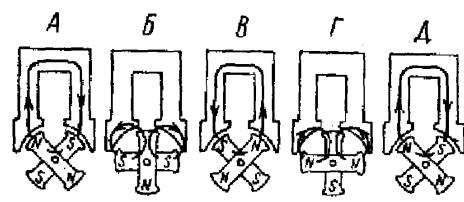
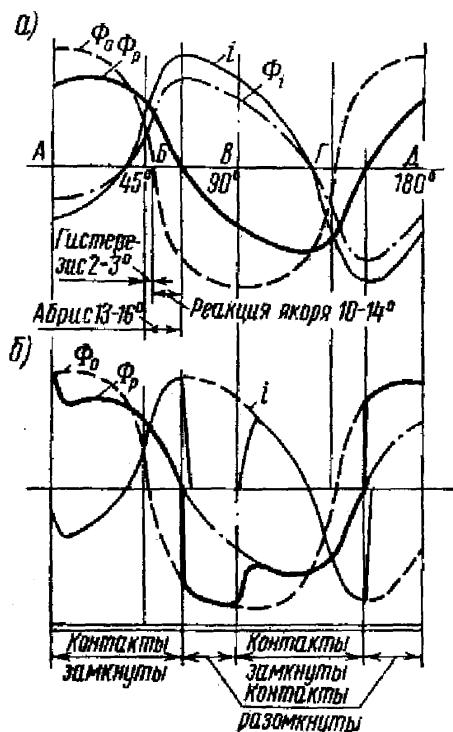


Рис. 12-4. Изменение магнитного потока в сердечнике трансформатора и силы тока в первичной обмотке при работе магнето.



При повороте ротора на  $45^{\circ}$  по часовой стрелке, когда полюсные наконечники его займут положение *B*,

магнитные силовые линии изменят свое направление и пойдут по пути, представляющему для них наименьшее сопротивление. В этом случае они, минуя сердечник, замкнутся через полюсные башмаки, и магнитный поток в сердечнике будет равен нулю.

Когда ротор повернется еще на  $45^\circ$  и займет положение  $B$ , то магнитные силовые линии вновь будут проходить через сердечник, но уже в противоположном направлении. Абсолютная величина магнитного потока в сердечнике в этом случае будет такая же, как и в случае  $A$ .

При дальнейшем повороте ротора еще на  $45^\circ$  он займет положение  $\Gamma$ , при котором магнитный поток в сердечнике трансформатора снова полностью исчезнет.

Таким образом, за один оборот ротора магнитный поток в сердечнике якоря, создаваемый постоянным магнитом, четыре раза достигает максимума, проходя в двух различных направлениях, и четыре раза уменьшается до нуля. Этот поток называется основным магнитным потоком —  $\Phi_0$ .

Изменение основного магнитного потока по углу поворота ротора показано на рис. 12-4, а. Из рисунка видно, что нулевое значение потока  $\Phi_0$  сдвинуто на угол  $2—3^\circ$  по направлению вращения ротора от его нейтрального положения (положения  $B$  и  $\Gamma$ ). Соответствующий сдвиг имеют и максимальные значения магнитного потока. Объясняется это явлением гистереза, т. е. отставанием изменения магнитного потока в намагничиваемом теле (в данном случае — в сердечнике трансформатора) по сравнению с изменением внешнего магнитного потока (в данном случае — магнитного потока ротора), вызвавшим его появление.

В результате изменения основного магнитного потока в первичной обмотке трансформатора при разомкнутой цепи индуцируется переменная ЭДС. Если первичная цепь замкнута, то в ней возникает переменный ток. Максимальные значения ЭДС в первичной цепи соответствуют моментам наиболее резкого изменения магнитного потока в сердечнике. Это происходит при перемене направления магнитного потока, т. е. при повороте ротора от нейтрального положения на угол  $2—3^\circ$  по направлению его вращения.

Сила тока в первичной цепи вследствие сдвига фаз достигает максимального значения значительно позже — при повороте ротора от нейтрального положения примерно на  $13—16^\circ$ . Характер изменения силы тока и показан на рис. 12-4.

Электрический ток, протекающий по первичной обмотке, при замкнутой первичной цепи создает вокруг ее витков, а следовательно, и в сердечнике якоря собственный магнитный поток  $\Phi_i$ . Последний противодействует изменению основного магнитного потока, вследствие чего результирующий магнитный поток  $\Phi_r$ , полученный алгебраическим сложением потоков  $\Phi_0$  и  $\Phi_i$ , искажается и сдвигается по сравнению с основным магнитным потоком в направлении вращения ротора на угол  $10—14^\circ$ . Действие магнитного потока первичной обмотки на основной магнитный поток называется **реакцией якоря**.

Таким образом, в результате суммарного влияния гистерезиса и реакции якоря нулевое значение магнитного потока в сердечнике трансформатора сдвигается от нейтрального положения ротора на  $13—16^\circ$ . Этот угол называется **углом абриса магнето\***.

Электродвижущая сила, индуцируемая в обмотках трансформатора основным магнитным потоком при разомкнутой первичной цепи, невелика и составляет  $40—50$  в первичной и  $2500—3000$  в во вторичной обмотке. При замкнутой первичной цепи напряжение в обмотках будет еще меньше, так как в этом случае ЭДС индуцируется результирующим магнитным потоком, который по абсолютной величине меньше основного магнитного потока и, следовательно, не так резко изменяется. В обоих случаях напряжение во вторичной обмотке недостаточно для преодоления сопротивления искрового промежутка свечи и для создания искры между ее электродами.

Чтобы повысить напряжение во вторичной обмотке магнето, необходимо осуществить значительно более резкое изменение величины магнитного потока в сердечнике трансформатора. Это достигается размыканием первичной цепи. Наивыгоднейший момент размыкания соответствует повороту ротора от нейтрального положения на величину угла абриса магнето, т. е. моменту, когда сила тока в первичной обмотке имеет максимальное значение.

В этом случае при размыкании контактов прерывателя ток в первичной обмотке и магнитный поток  $\Phi_i$ , создаваемый им в сердечнике трансформатора, быстро исчезают, а результирующий магнитный поток  $\Phi_r$ , наоборот, резко возрастает от нуля до величины основного магнитного потока  $\Phi_0$  (см. рис. 12-4, б). Резкое изменение магнитного потока вызывает индуктирование во вторичной обмотке трансформатора ЭДС, достигающей  $15000—18000$  в. Этого напряжения достаточно для преодоления сопротивления в искровом промежутке свечи и для создания в ней искрового разряда.

Ток высокого напряжения, индуцируемый во вторичной обмотке, через наружный контакт высокого напряжения трансформатора и вывод тока высокого напряжения (см. рис. 12-3) подводится на рабочий электрод вращающегося бегунка.

Отсюда ток подходит к электроду распределителя и от него по проводу — к свече. Замыкаясь через искровой промежуток свечи, ток поступает на массу двигателя и магнето и через сердечник трансформатора и первичную обмотку возвращается во вторичную обмотку.

\*Величина угла абриса различна для магнето разных типов и определяется опытным путем. Угол абриса магнето можно приблизительно определить по наибольшему механическому сопротивлению, которое оказывает ротор при проворачивании его рукой.

Спустя определенный промежуток времени первичная цепь накоротко замыкается прерывателем, ток высокого напряжения во вторичной обмотке исчезает. При этом в первичной обмотке появляется ток низкого напряжения, и процесс работы магнето повторяется.

У магнето БСМ-9 сила тока в первичной обмотке достигает максимум четырех раз за один оборот ротора, что позволяет произвести четыре размыкания прерывателя и получить четыре искры. Поэтому такие магнето называются четырехискровыми.

**Роль конденсатора в работе магнето.** Резкое нарастание магнитного потока в момент разрыва первичной цепи прерывателем вызывает в первичной обмотке значительную ЭДС самоиндукции, достигающую 300—500 в. Вследствие этого возникают экстратоки размыкания, и между контактами прерывателя возможно проскакивание искры. Экстратоки размыкания вредны, так как приводят к обгоранию и окислению контактов прерывателя; сопротивление первичной цепи при этом увеличивается, в результате чего уменьшаются сила тока в ней, абсолютная величина возрастания магнитного потока Фр в момент разрыва первичной цепи, а следовательно, и величина ЭДС во вторичной обмотке. Кроме того, экстратоки размыкания замедляют разрыв первичной цепи, так как после размыкания контактов прерывателя цепь некоторое время остается замкнутой через искру. Исчезновение тока в первичной обмотке замедляется, что приводит к уменьшению резкости изменения магнитного потока Фр и величины ЭДС, индуцируемой во вторичной обмотке.

Для ослабления вредного действия экстратоков размыкания магнето снабжено конденсатором, включенным параллельно контактам прерывателя. В момент размыкания контактов прерывателя конденсатор заряжается экстратоком, искрение между контактами устраняется, а резкость исчезновения тока в первичной обмотке и, следовательно, резкость изменения магнитного потока Фр увеличиваются.

Таким образом, конденсатор не только устраняет обгорание и окисление контактов прерывателя, но и способствует увеличению ЭДС, индуцируемой во вторичной обмотке.

**Особенности работы магнето БСМ-9 при изменении угла опережения зажигания.** Для получения максимальной ЭДС во вторичной обмотке первичную цепь следует разрывать в моменты, когда сила тока в ней достигает максимального значения, т.е. когда ротор магнето повернется по ходу от своего нейтрального положения на угол абриса. Поэтому работа прерывателя должна быть строго согласована с положением ротора относительно полюсных башмаков.

Принципиальной особенностью магнето типа БСМ является сохранение у них наивыгоднейшего момента разрыва первичной цепи при любых углах опережения зажигания. Это обеспечивается с помощью устройства единой кинематической связи между автоматом

опережения зажигания, ротором магнето и кулачковой шайбою прерывателя (см. рис.12-3). Благодаря такой связи автомат опережения зажигания одновременно и синхронно смещает как ротор магнето, так и кулачковую шайбу прерывателя. При этом смещение ротора относительно полюсных башмаков, вызывающее соответствующий сдвиг максимума силы тока в первичной обмотке (если абрис магнето сохраняется неизменным), влечет за собой смещение кулачковой шайбы прерывателя относительно ротора на такой же угол, что обеспечивает разрыв первичной цепи в наивыгоднейший момент.

**Устранение неравномерности угла опережения зажигания в различных цилиндрах двигателя.** Опережение зажигания устанавливается по первому цилиндуру двигателя, поршень которого соединен с главным шатуном. В результате угловых смещений ВМТ в цилиндрах с прицепными шатунами опережение зажигания в этих цилиндрах отличается от опережения в первом цилиндре (см. пособие по теме 4)

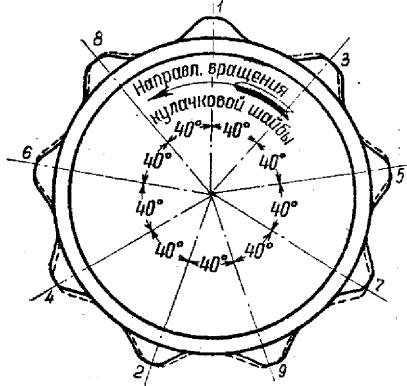


Рис.12-5. Расположение кулачков на кулачковой шайбе прерывателя магнето БСМ-9

Неравномерное опережение зажигания в различных цилиндрах приводит к снижению мощности двигателя, к увеличению удельного расхода топлива и потому нежелательно.

Магнето БСМ-9 полностью устраняет неравномерность опережения зажигания в различных цилиндрах двигателя. Для этого на кулачковой шайбе прерывателя магнето сделано девять кулачков, каждый из которых обслуживает только один определенный цилиндр.

Кулачки по окружности кулачковой шайбы расположены неравномерно: кулачки, которые обслуживают цилиндры № 2, 3, 4 и 5 смешены в сторону, противоположную направлению вращения ку-

лачковой шайбы (рис. 12-5); кулачки, обслуживающие цилиндры № 6, 7, 8 и 9, наоборот, смешены по направлению вращения кулачковой шайбы.

Неравномерное расположение кулачков на кулачковой шайбе прерывателя приводит к неравномерному искрообразованию в магнето БСМ-9. Наибольшая разница в периодах между искрами достигает  $8^{\circ}40'$  угла поворота ротора магнето. В результате все кулачки прерывателя, кроме, кулачка, обслуживающего первый цилиндр, размыкают первичную цепь магнето с отклонением от наивыгоднейшего момента размыкания до  $3-6^{\circ}$  угла поворота ротора.

### 2.3. КОНСТРУКЦИЯ МАГНЕТО БСМ-9

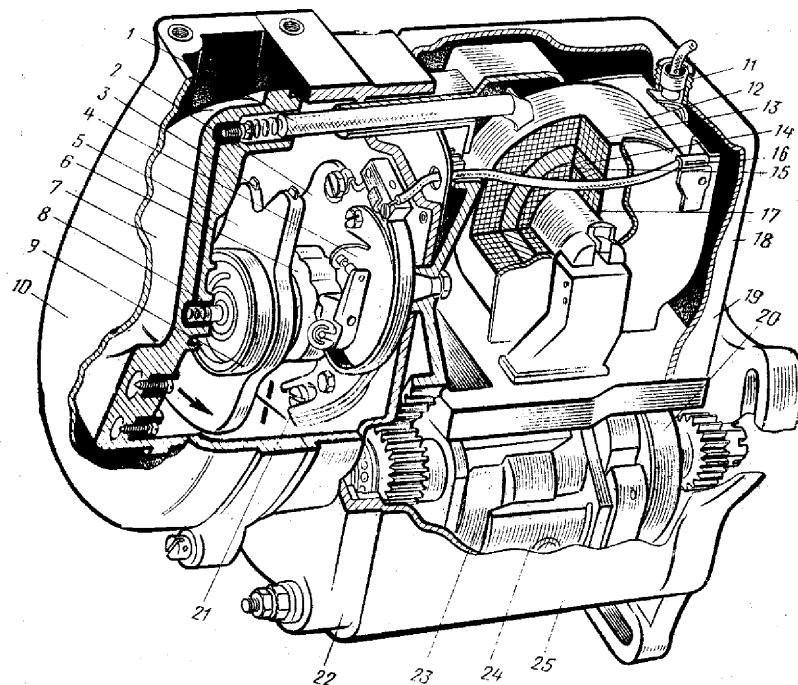


Рис. 12-6. Магнето БСМ-9:

- 1—вывод высокого напряжения; 2—пластина прерывателя; 3—рабочий электрод бегунка;
- 4—контактная стойка; 5—бегунок; 6—кулачковая шайба прерывателя; 7—корпус распределителя;
- 8—уголок; 9—пуское кольцо бегунка; 10—экран распределителя; 11—клетка выключения; 12—трансформатор;
- 13—вторичная обмотка; 14—конденсатор; 15—первичная обмотка; 16—вывод низкого напряжения;
- 17—сердечник трансформатора; 18—верхняя крышка; 19—передняя крышка; 20—автомат опережения зажигания;
- 21—эксцентрик; 22—задняя крышка; 23—ротор; 24—полюсный наконечник;
- 25—корпус

Конструктивно магнето БСМ-9 состоит из следующих основных узлов: передней, задней и верхней крышек, ротора с автоматом опережения зажигания, трансформатора с конденсатором, прерывателя и распределителя (рис. 12-6). Все три крышки и корпус отлиты из алюминиевого сплава и одновременно являются экраном магнето.

**Передняя крышка** имеет три овальных отверстия, которые позволяют перемещать магнето на шпильках картера двигателя на некоторый угол, что облегчает регулирование момента начала размыкания контактов прерывателя при установке магнето на двигателе.

В центральное отверстие крышки запрессована наружная обойма переднего шарикоподшипника ротора. Чтобы защитить корпус магнето от проникновения в него масла из привода двигателя, под обоймой установлено и закреплено нажимной шайбой войлочное кольцо-сальник.

**В корпусе магнето** (рис. 12-7) залиты два полюсных башмака со стойками 2. Для уменьшения потерь на индукционные токи (токи Фуко) башмаки набраны из тонких листов электротехнической стали, изолированных один от другого слоем лака. К стойкам башмаков, выступающим из корпуса, двумя винтами крепится сердечник трансформатора. В остальном конструкция корпуса ясна из рисунка 12-7.

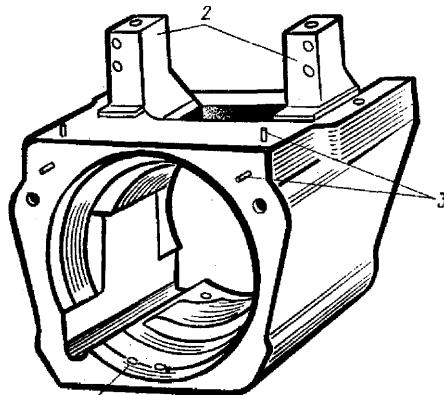


Рис. 12-7. Корпус магнето:  
1-отверстия для вентиляции; 2- полюсные башмаки; 3- центрирующие штифты

Задняя крышка магнето (рис. 12-8) имеет центральное отверстие для установки эксцентричной втулки, расточку в нижней передней части под обойму заднего подшипника ротора, отверстие в верхней части под втулку вывода тока высокого напряжения.

С обеих сторон от него сделаны окна для прохода вывода низкого напряжения. Используется только правое окно. Наличие двух окон позволяет собрать магнето, как на правое, так и на левое вращение.

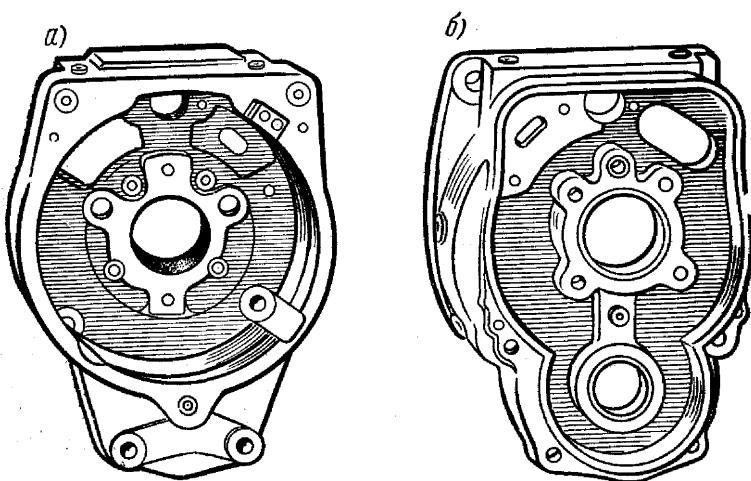


Рис. 12-8. Задняя крышка магнето:  
а — вид сзади; б — вид спереди

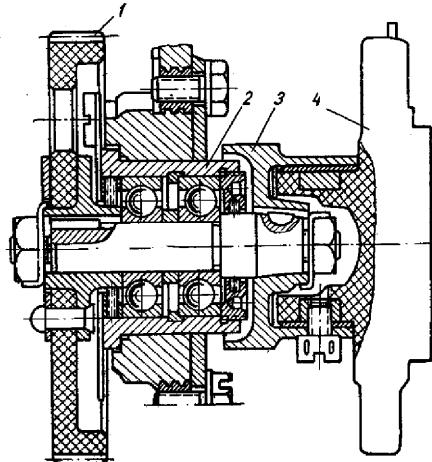
С задней стороны крышки на двух винтах крепится пластина прерывателя. Ее можно поворачивать при помощи эксцентрика, который помещается в специальном гнезде крышки.

К заднему фланцу крышки крепится экран распределителя. На фланце имеется шпонка для фиксирования и выточка для центрирования корпуса распределителя.

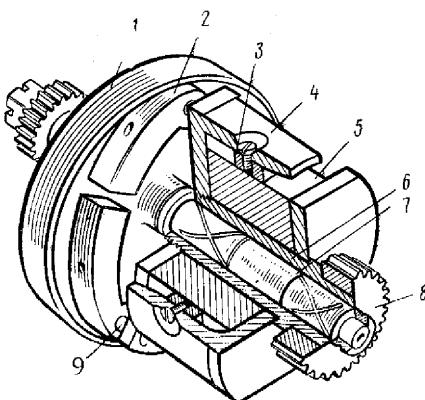
В левой верхней части заднего фланца выбиты число, указывающие диапазон работы автомата опережения в градусах угла поворота ротора, и риск для ориентировочной установки магнето на начало размыкания контактов прерывателя кулачком, обслуживающим первый цилиндр.

К верхнему фланцу крышки крепится крышка экрана коллектора проводов зажигания.

На боковой поверхности задней крышки имеется пять отверстий для вентиляции внутренней полости распределителя. Чтобы масло не попадало на контакты распределителя, бегунка и прерывателя, эти отверстия закрыты колпачками.



*Рис. 12-9. Узел эксцентриковой втулки:*  
1- большая шестерня; 2- эксцентриковая втулка; 3- кулачковая шайба; 4- бегунок



*Рис. 12-10. Ротор с автоматом опережения зажигания:*  
1- корпус автомата; 2- грузики автомата; 3- бронзовое кольцо; 4- полюсный наконечник; 5- ротор; 6- втулка; 7- валик ротора; 8- шестерня; 9- ось грузика

**Эксцентриковая втулка магнето** (рис. 12-9) стальная. Внутрь ее запрессованы два шарикоподшипника, на которые опирается стальной валик. На валике устанавливаются кулачковая шайба прерывателя 3, бегунок 4 и большая шестерня магнето 1. Со стороны заднего конца втулка имеет внутреннюю резьбу. В нее ввернута стальная пробка. В кольцевую выточку центрального отверстия пробки вставлено войлочное кольцо — сальник, предохраняющее от попадания смазки из шарикоподшипников на контакты, бегунка, прерывателя и распределителя. Передний конец втулки также снабжен войлочным уплотнением. Втулка упирается буртиком в стенку задней крышки магнето и крепится к ней диском.

Большая шестерня магнето 1 (72 зуба) изготовлена из текстолита (для бесшумности работы магнето), на нее наложена на валик с помощью шпонки и закреплена гайкой. На шестерне выбита риска, указывающая, как правильно сцепить ее при сборке с шестерней ротора. Зазор в зацеплении шестерен регулируется поворотом эксцентричной втулки.

Задний конец валика оканчивается конусом, на который установлена на шпонке и закреплена гайкой кулачковая шайба 3 прерывателя. На ней тремя винтами крепится бегунок 4.

**Верхняя крышка магнето** закрывает трансформатор. К крышке приварена втулка, в которой смонтирована клемма выключения магнето 11 (см. рис. 12-6). Клемма соединена с выводом первичной обмотки трансформатора и с переключателем магнето в кабине самолета. С внутренней стороны к крышке приклепана изоляционная пластина, предохраняющая от проскачивания искры с контакта трансформатора

на массу.

**Ротор и автомат опережения зажигания.** Ротор 5 (рис. 12-10) представляет собой полый цилиндр, изготовленный из железо-никель-алюминиевого сплава. Цилиндр намагнчен вдоль оси как постоянный двухполюсный магнит. С торцовых сторон на него напрессовано по одной П-образной скобе, изготовленной из малоуглеродистой стали. Боковые поверхности скоб образуют четыре полюсных наконечника 4, смещенные на  $90^{\circ}$  относительно друг друга. Полюсные наконечники для жесткости опираются на бронзовое кольцо 3, надетое на ротор, и крепятся к этому кольцу винтами. Обе скобы вместе с ротором, опираются на валик ротора 7 через бронзовую втулку 6, ввернутую на резьбе в отверстие передней скобы. На заднем конце бронзовой втулки на шпонке посажена стальная малая шестерня магнето 8, имеющая 82 зуба. В торец передней скобы запрессованы и закреплены развалцовкой две оси 9, на которые надеваются грузики автомата опережения зажигания.

Вал ротора — стальной. На переднем его конце сделан конус, на котором установлена на шпонке и закреплена гайкой шлицевая втулка, соединяющая вал с приводом двигателя. На вал напрессованы внутренние обоймы двух шарикоподшипников ротора, которыми он опирается на переднюю и заднюю крышки магнето. Кроме того, на вал напрессован и зафиксирован шпонкой корпус автомата опережения зажигания 1. Вал свободно входит в бронзовую втулку ротора. Для смазки их трущихся поверхностей на валу выфрезерованы спиральные канавки, в которые при сборке магнето закладывается консистентная смазка.

**Автомат опережения зажигания** центрального типа вместе с ротором образует один узел. Автомат состоит из стального корпуса 1 и четырех бронзовых грузиков (рис. 12-10 и 12-11). Два грузика надеты на оси корпуса (по одному на каждую ось) и два других — на оси передней скобы ротора. Каждая пара грузиков (один на оси корпуса автомата, другой — на оси скобы ротора) соединена между собой плоскими пружинами.

Таким образом, ротор и его валик связаны один с другим только через две пары грузиков автомата, благодаря чему ротор может перемещаться относительно валика на некоторый угол. Величина угла ограничена ходом осей грузиков в отверстиях корпуса автомата или упором грузиков в боковую стенку корпуса. Для магнето БСМ-9 этот угол равен  $15 \pm 2^{\circ}$  угла поворота ротора.

Принципиальная схема работы автомата опережения зажигания показана на рис. 12-11. При числе оборотов ротора меньше 950 в минуту центробежные силы грузиков недостаточны, чтобы преодолеть силы упругости соединяющих их пружин, и автомат опережения зажигания не работает. Грузики занимают положение, показанное на рис. 12-11, а.

Когда число оборотов ротора превышает 950 в минуту, центробежные силы грузиков преодолевают силы упругости пружин. Грузики расходятся от оси вращения валика и, поворачиваясь на своих осях, изгибают пружины (рис. 12-11, б). Расстояние между осями каждой пары грузиков сокращается. Это вызывает смещение ротора относительно вала по направлению его вращения — ротор опережает вал, жестко соединенный с приводом двигателя. Смещение ротора передается через зубчатую передачу кулачковой шайбе прерывателя и бегунку, что вызывает более раннее размыкание контактов прерывателя, а следовательно, и более раннее искрообразование на свечах.

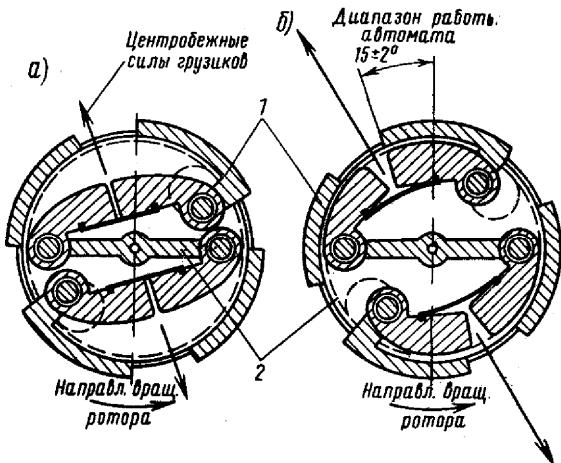


Рис. 12-11. Схема работы автомата опережения зажигания:  
1- полюсные наконечники; 2- корпус автомата

По мере увеличения числа оборотов ротора увеличиваются центробежные силы грузиков автомата и угол смещения ротора относительно вала. Следовательно, увеличивается и угол опережения зажигания. При  $n = 1400$  об/мин оси грузиков, закрепленные на роторе, упрутся в стенки отверстий корпуса автомата или сами грузики упрются в боковые стенки корпуса (см. рис. 12-11, б), и автомат установит наибольшее опережение зажигания.

Когда число оборотов ротора уменьшается с 1400 до 950 в минуту, автомат под действием сил упругости пружин грузиков уменьшает опережение зажигания.

**Трансформатор с конденсатором** (рис. 12-12) состоит из сердечника, первичной и вторичной обмоток, между которыми помещен конденсатор

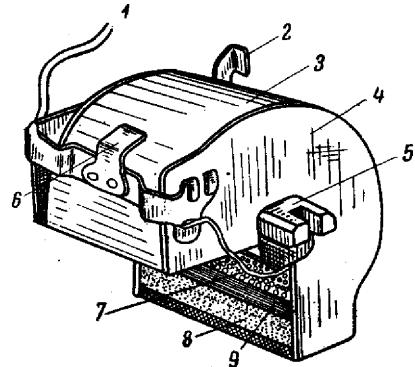


Рис. 12-12. Трансформатор с конденсатором:

1- вывод низкого напряжения; 2- контакт высокого напряжения; 3- изоляционная ткань; 4- гетинаксовая щека; 5- сердечник; 6- пружинный контакт; 7- первичная обмотка; 8—вторичная обмотка; 9 — конденсатор

Сердечник 5 набран из тонких листов электротехнической стали, изолированных один от другого тонким слоем лака. На концах сердечника сделаны пазы, в которые проходят винты крепления трансформатора к стойкам башмаков.

Первичная обмотка 7 выполнена из медного эмалированного провода диаметром 1 мм и имеет 150—170 витков, намотанных в пять рядов. Начало первичной обмотки припаяно к сердечнику, конец — к латунной соединительной пластине, укрепленной заклепками на гетинаксовых щеках трансформатора. К ней припаян вывод низкого напряжения 1, через который конец первичной обмотки соединен с подвижным контактом прерывателя, изолированным от массы (контакт рычажка). Кроме того, соединительная плата имеет пружинный контакт 6 для соединения с клеммой выключения магнето. Через эту клемму и переключатель первичная обмотка может быть соединена с массой помимо прерывателя, и магнето будет выключено.

Вторичная обмотка 8 выполнена из медного эмалированного провода диаметром 0,07 мм и имеет 13—14 тысяч витков, намотанных в 37 рядов. Начало вторичной обмотки припаяно к концу первичной обмотки, а конец — к центральному наружному контакту трансформатора 2. От этого контакта через вывод высокого напряжения ток поступает к распределителю и от него — к свечам.

Конденсатор 9 изготовлен из двух полос алюминиевой фольги (обкладок), изолированных одна от другой несколькими слоями конденсаторной бумаги. Одна обкладка конденсатора припаяна к сердечнику трансформатора, другая — к соединительной пластине и через нее соединена с контактом рычажка прерывателя.

Обмотки трансформатора и конденсатор защищены с боков гетинаксовыми щеками 4, а сверху несколькими слоями изоляционной ткани 3. Под трансформатором устанавливается гетинаксовая пластина и войлочная прокладка, которые закрывают окно корпуса магнето между полюсными башмаками и препятствуют попаданию на трансформатор масла, которое может проникнуть в магнето из картера двигателя.

**Прерыватель** состоит из пластины, контактной стойки, рычажка с пружиной, сухаря, кулачковой шайбы и масленки.

Пластина прерывателя (рис. 12-13) — стальная, укреплена на задней крышке магнето двумя винтами. Отверстия под винты крепления пластины — овальные, что позволяет ее поворачивать. К пластине двумя винтами прикреплен бронзовый сухарь 2, изолированный от нее текстолитовыми прокладками. К сухарю присоединены вывод низкого напряжения трансформатора и пружина 5 рычажка прерывателя.

Рычажок прерывателя 4 надет на ось 6, прикрепленную к пластине, и закреплен на ней пружинным замком. Рычажок изолирован от массы текстолитовыми пластиной и подушкой, надетой на ось. К рычажку прикреплен подвижной контакт прерывателя.

Неподвижный контакт прерывателя, соединенный с массой, прикреплен к контактной стойке 8, которая закреплена на пластине прерывателя двумя винтами. В подковообразном вырезе нижнего конца контактной стойки помещается эксцентрик 7, установленный на пластине. Поворотом эксцентрика регулируют зазор между контактами прерывателя. Он должен быть равен 0,25—0,35 мм. Оба контакта прерывателя изготовлены из платино-иридевого сплава.

Наивыгоднейший момент размыкания контактов прерывателя устанавливается поворотом пластины прерывателя (абризной пластины) с помощью эксцентрика, находящегося в гнезде задней крышки магнето и

в левом овальном отверстии пластины. Делается это в заводских условиях, после чего на пластине прерывателя и на задней крышке магнето выбивается по одной расположенной одна против другой риске 9. Изменять положение пластины прерывателя в процессе эксплуатации магнето не разрешается

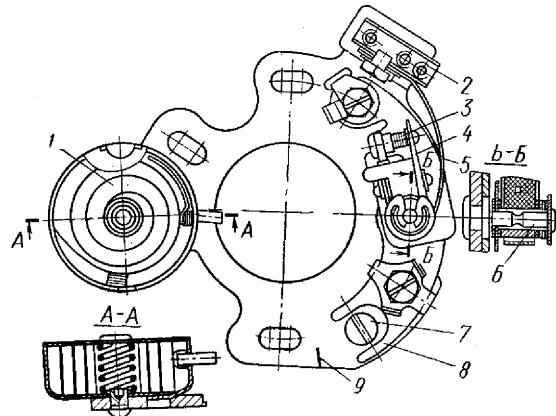


Рис. 12-13. Пластина прерывателя:

1- масленка; 2- сухарь;

3- контакты; 4- рычажок;

5- пружина; 6- ось рычажка; 7- эксцентрик; 8- контактная стойка; 9- регулировочная риска

Масленка 1, прикрепленная к пластине прерывателя, снабжена фитилем и фильтром, пропитанным турбинным маслом. Один конец фитиля соприкасается с фильтром, другой скользит по кулачкам, смазывая их.

Кулачковая шайба прерывателя (см. рис. 12-6) — стальная, имеет девять кулачков. Первый цилиндр обслуживается кулачком, который следует первым за риской, выбитой на кулачковой шайбе, если ее вращать в направлении стрелки на бегунке. Последующие кулачки обслуживают цилиндры двигателя по порядку их работы. В теле кулачковой шайбы сделаны выточка для установки и три отверстия для крепления к ней винтами бегунка распределителя.

Распределитель состоит из корпуса, бегунка, вывода высокого напряжения и экрана.

Корпус распределителя 4 (рис. 12-14) изготовлен из твердой резины. В него равномерно по окружности залиты девять латунных гаек 10. На внутренней поверхности корпуса соответственно сделаны девять гнезд, в которые туго посажены рабочие, электроды 9 из красной меди. Все электроды крепятся к гайкам 10 латунными остроконечными винтами 11, которые проекаются жилы проводов, идущих к свечам, обеспечивая хороший электрический контакт между электродами и проводами.

Гнезда для проводов расположены на наружной стороне корпуса. Гнездо провода первого цилиндра обозначено цифрой 1, остальные не нумерованы. Они идут по порядку искр в направлении стрелки на корпусе с надписью «Лев. вр.». Кроме девяти гаек, в корпус Стр. 12- распределителя залита следующая латунная арматура:

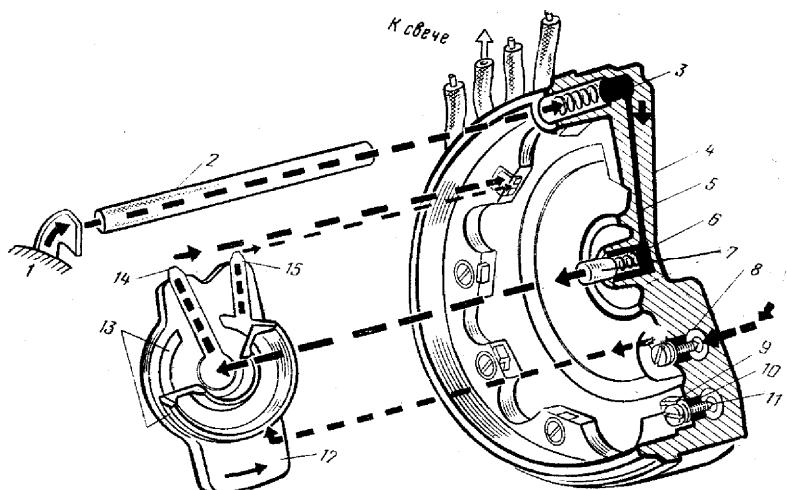
-втулка 3, к которой винтом крепится контактная пружина. Ток к пружине подается через вывод высокого напряжения 2, входящий в специальное гнездо на корпусе;

-гнездо 6 и пластина 5, соединяющая его с втулкой. В гнездо вставлен уголек 7 с пружиной, через который ток высокого напряжения подается на рабочий электрод 13 бегунка;

-гайка 8 для крепления пускового электрода и присоединения к распределителю провода от пусковой катушки. Гнездо этого провода обозначено буквой «П».

Бегунок распределителя 12 изготовлен из твердой резины. Он имеет два электрода — рабочий 14 и пусковой 15, пусковое кольцо 13 и латунную опорную втулку на ступице с тремя нарезанными отверстиями для винтов крепления бегунка к кулачковой шайбе прерывателя. Все эти детали залиты в тело бегунка.

Рабочий электрод изготовлен из красной меди. В центре бегунка он имеет открытую поверхность, на которую опирается уголок корпуса распределителя. Отсюда ток высокого напряжения поступает на рабочий электрод бегунка, а затем поочередно на рабочие электроды корпуса распределителя и от них по проводам — к свечам. Зазор между электродами бегунка и корпуса распределителя равен 0,3—0,8 мм. Пусковой электрод и соединенное с ним пусковое кольцо изготовлены из латуни. Кольцо отстоит от пускового электрода корпуса распределителя на 0,3—0,8 мм. С этого электрода ток высокого напряжения от пусковой катушки поступает через пусковое кольцо на пусковой электрод бегунка, а отсюда через рабочие электроды корпуса распределителя идет к свечам.



*Рис.12-14. Детали распределителя магнето и схема движения тока:*

1 — трансформатор; 2 — вывод высокого напряжения; 3 — втулка вывода высокого напряжения; 4 — корпус распределителя; 5 — пластина; 6 — гнездо; 7 — уголек; 8 — гайка крепления пускового электрода; 9 — рабочий электрод; 10 — гайка крепления рабочего электрода; 11 — остроконечный винт; 13 — бегунок; 13 — пусковое кольцо; 14 — рабочий электрод бегунка; 15 — пусковой электрод бегунка

Пусковой электрод смещен относительно рабочего на  $30^\circ$  в сторону, обратную направлению вращения бегунка. Это предотвращает проскакивание искры между электродами и обеспечивает позднее зажигание горючей смеси при запуске двигателя — после ВМТ в такте расширения, что исключает возможность обратного хода вала двигателя. Направление вращения бегунка определяется по имеющейся на нем стрелке.

Вывод высокого напряжения 2 представляет собой латунную трубку, покрытую в несколько слоев изоляционной тканью, с контактными шайбами на концах. Вывод устанавливается во втулку из твердой резины, закрепленную на задней крышке магнето. Втулка усиливает изоляцию вывода и исключает разряды тока высокого напряжения с центрального электрода трансформатора на верхнюю крышку магнето.

### **3. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ МАГНЕТО БСМ-9**

Основными периодами технического обслуживания магнето БСМ-9 является послеполетное обслуживание и обслуживание через каждые 100 ч работы двигателя.

При послеполетном обслуживании проверяются:

- прочность крепления магнето к задней крышке картера двигателя. Проверка производится посредством покачивания магнето рукой;
  - надежность шплинтов на гайках крепления магнето;
  - надежность крепления провода на клемме выключения магнето.

При обслуживании через каждые 100 ч работы двигателя проверяется состояние распределителя и прерывателя, регулируются зазоры между контактами прерывателя и проверяется работа автомата опережения зажигания. Эти работы целесообразно проводить в такой последовательности:

- 1) расконтрить и отвернуть винты крепления углового штуцера коллектора проводов зажигания и экрана корпуса распределителя;
  - 2) снять с магнето экран корпуса распределителя и корпус. Корпус распределителя следует снимать осторожно и без перекосов во избежание изгиба вывода высокого напряжения, поломки корпуса и выпадения из него уголька. Проверить заделку бронзовых футеров в верхних фланцах задней крышки магнето и в экране корпуса распределителя и состояние их резьбы. В случае ослабления заделки или повреждения резьбы футеров магнето или экран необходимо заменить;
  - 3) вынуть вывод высокого напряжения из втулки и проверить, не нарушена ли его изоляция. Если на изоляции обнаружены задиры, трещины или следы обгорания, то вывод необходимо заменить. Вывод следует вынимать и вставлять только рукой, не изгибая его, чтобы не повредить изоляции;
  - 4) проверить наличие смазки на кулачках кулачковой шайбы прерывателя, приложив к ним чистую папиросную бумагу. При наличии смазки бумага промаслится. Если кулачки сухие, залить в масленку 10—12 капель турбинного масла, смазать им фитиль и кулачки;
  - 5) протереть бегунок и осмотреть состояние его изоляции и электродов\*. Если на бегунке имеются трещины, края сколоты или отслоилось пусковое кольцо, магнето необходимо заменить.

Нагар на электродах бегунка зачищается бархатным напильником или надфилем. Зачищая нагар, нельзя спиливать материал электрода, так как это приведет к увеличению зазора между электродами бегунка и корпуса распределителя:

6) проверить надежность крепления бегунка, покачивая его рукой в плоскости вращения. Если бегунок закреплен слабо, подтянуть винты крепления и законтрить их проволокой;

7) проверить индикатором радиальный люфт валика распределителя, покачивая валик за бегунок вверх и вниз (рис.12-15). Величина люфта должна быть не более 0,1 мм;

8) проверить работу автомата опережения зажигания, для чего повернуть бегунок по направлению его вращения (по стрелке), а затем отпустить. Если автомат исправен, бегунок займет первоначальное положение. Перемещение контактов бегунка при его повороте должно быть равно 6—8°;

9) протереть и осмотреть пластину, рычажок, контактную стойку и пружину прерывателя. При наличии коррозии на пружине или рычажке магнето необходимо заменить;

10) зачистить контакты прерывателя бархатным напильником \*\*, а затем проверить зазор между ними. Для этого повернуть коленчатый вал за винт до момента, когда вершина любого кулачка совместится с подушкой рычажка прерывателя, а щупом промерить зазор между контактами. Если зазор выходит из пределов 0,25—0,35 мм, его необходимо отрегулировать (рис. 12-16). Для этого следует:

а) расконтрить и ослабить два винта крепления контактной стойки к пластине прерывателя;

б) поворачивая эксцентрик отверткой, установить зазор между контактами 0,25—0,35 мм;

в) затянуть винты крепления контактной стойки;

г) вновь проверить зазор; убедившись, что он не нарушился во время затяжки винтов, законтрить винты.

**Ослаблять винты крепления пластины прерывателя и сдвигать ее запрещается, так как это приведет к отклонению начала размыкания контактов от наивыгоднейшего момента искрообразования.**

Если вследствие износа контактов или подушки рычажка прерывателя установить требуемые зазоры не удается, то магнето необходимо заменить;

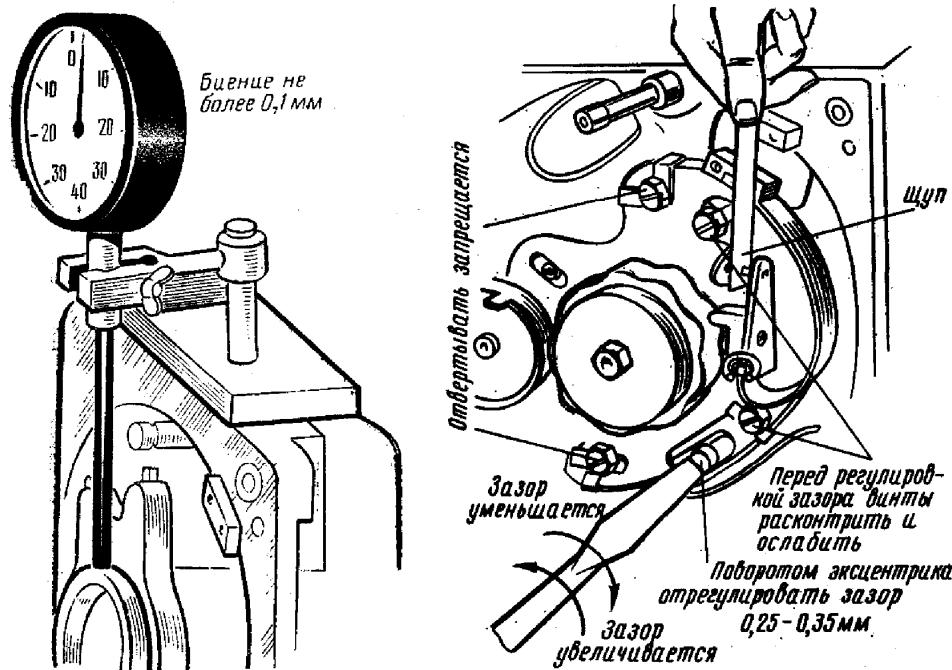


Рис. 12-16. Регулирование зазора между контактами прерывателя

11) протереть электроды и загрязненные места корпуса распределителя и проверить его состояние. При наличии трещин и больших сколов корпус распределителя необходимо заменить. Уголек должен свободно, без заеданий, перемещаться в латунном гнезде корпуса. При заедании уголка, выкрашивании его или деформации пружины заменить уголек вместе с пружиной.

Электроды корпуса распределителя зачищаются бархатным напильником или надфилем;

\*\*. Детали магнето протирают чистой замшей или мягкой тканью, слегка смоченной спиртом или бензином Б-70.

\*\*. Применять для чистки контактов наждачную или стеклянную бумагу запрещается.

12) проверить рукой крепление проводов в корпусе распределителя и состояние изоляции проводов у корпуса. Если провод закреплен плохо, вывернуть винт его крепления, повернуть провод на небольшой угол и, вставив его в гнездо до упора, вновь ввернуть винт. В случае обнаружения на проводе трещин, потерстостей или обгорания изоляции не исправные провода необходимо заменить;

13) установить на место корпус распределителя, следя за тем, чтобы уголек не выпал, вывод высокого напряжения свободно вошел в гнездо, а шпонка задней крышки — в вырез корпуса. Установить на магнето экран распределителя и угловой штуцер коллектора проводов закрепить их винтами и законтрить винты проволокой.

#### 4.УСТАНОВКА МАГНЕТО НА ДВИГАТЕЛЬ

Устанавливая магнето БСМ-9 на двигатель, необходимо твердо знать следующее:

1) все магнето БСМ-9 имеют левое вращение и отличаются лишь диапазоном работы автомата опережения зажигания. Этот диапазон равен 13—17° угла поворота ротора, и эти цифры выбиты в левой верхней части заднего фланца задней крышки магнето;

2) максимальное опережение зажигания правого магнето равно 20, а левого — 15° угла поворота коленчатого вала;

3) передаточное число от коленчатого вала к ротору магнето равно 9/8 , или 1,25;

4) магнето устанавливают по цилинду № 1 при минимальном угле опережения зажигания (позднее зажигание).

Зная эти условия, можно устанавливать магнето без таблиц и справочных материалов. Необходимо лишь придерживаться следующего порядка:

1. Определить диапазон работы автомата опережения зажигания выбранного магнето в градусах угла поворота коленчатого вала двигателя. Для этого число, выбитое на задней крышке магнето, например 17, следует разделить на передаточное число от коленчатого вала к ротору, равное 1,125, или умножить на обратную ему величину 8/9. В результате получим:  $17 \cdot \frac{8}{9} = 15^{\circ}$ .

2. Определить установочный угол опережения зажигания (угол позднего зажигания). Он зависит от того, правым или левым устанавливается магнето, и равен разности между углом раннего опережения и диапазоном работы автомата в градусах угла поворота коленчатого вала. В нашем примере установочный угол будет равен:

$20^{\circ} - 15^{\circ} = 5^{\circ}$  (для правого магнето);

$15^{\circ} - 10^{\circ} = 0$  (для левого магнето).

3. Установить коленчатый вал двигателя по цилинду № 1 в положение, соответствующее установочному углу магнето\*. Для этого необходимо вывернуть пробку смотрового окна носка картера и, медленно проворачивая коленчатый вал за винт по ходу, установить его так, чтобы против риски смотрового окна находилась риска венца ведущей шестерни редуктора, отстоящая от нулевой риски в направлении вращения шестерни на число делений, равное углу позднего зажигания (см. пособие по теме 7).

После этого коленчатый вал смещать нельзя до окончательной установки и закрепления магнето на двигателе.

Подводить шестерню редуктора до совмещения ее риски с риской окна картера следует только при повороте коленчатого вала по ходу. В противном случае точность установки магнето будет нарушена за счет влияния на нее зазоров между зубьями шестерен, передающих вращение от коленчатого вала к ротору магнето.

4. Установить ротор магнето в положение, соответствующее моменту искрообразования в цилиндре № 1, для этого необходимо:

а) снять с магнето корпус распределителя;

б) расконсервировать магнето, очистив от смазки кулачковую шайбу, рычажок и пружину прерывателя, гайки стяжных болтов и хвостовик валика ротора замшей, смоченной в бензине. Затем вытереть детали досуха. Контакты прерывателя протереть замшей, смоченной в спирте, и вытереть досуха;

в) проверить и, если нужно, отрегулировать зазор между контактами прерывателя;

г) повернуть бегунок так, чтобы его рабочий контакт стал против риски на фланце задней крышки магнето;

д) убедиться, что на подушку рычажка прерывателя набегает кулачок, следующий первым по ходу бегунка за риской на кулачковой шайбе,

5. Не изменяя положения ротора, установить магнето на двигатель и слегка закрепить его гайками. При установке следить, чтобы шпильки крепления магнето приходились как можно ближе к середине прорезей его передней крышки. Перед установкой магнето надеть на шпильки новую паронитовую прокладку.

6. Легкими ударами рукой по магнето сместить его до начала размыкания контактов прерывателя, после чего затянуть гайки крепления магнето к двигателю.

7. Проверить правильность установки магнето Следующим образом:

а) повернуть коленчатый вал против хода до полного замыкания контактов прерывателя;

б) отжав пальцем рычажок прерывателя, развести контакты и вставить между ними щуп толщиной 0,04—0,05 мм. При закладке щупа контакты нельзя разводить более чем на 1—1,5 мм, так как возможна поломка пружины рычажка;

в) медленно проворачивать коленчатый вал по ходу и одновременно слегка тянуть рукой за щуп. Как только щуп свободно вытянется, вращение вала прекратить. Этот момент соответствует началу размыкания контактов и искрообразованию на свече цилиндра № 1;

г) по меткам на венце ведущей шестерни редуктора проверить, соответствует ли начало размыкания контактов требуемому установочному углу опережения зажигания.

Если обнаружено отклонение от установочного угла, необходимо ослабить гайки крепления магнето и слегка сместить его в требуемую сторону, после чего затянуть гайки и вновь проверить правильность установки.

Для уменьшения установочного угла магнето следует смещать по часовой стрелке, глядя на него со стороны распределителя, для увеличения—против часовой стрелки.

8. Затянуть окончательно гайки крепления магнето и зашплинтовать их, после чего установить корпус распределителя с проводами (если он исправен), экран корпуса распределителя и угловой штуцер коллектора проводов, присоединить провод от переключателя к клемме выключения магнето, ввернуть и законтрить пробку смотрового окна носка картера, установить свечу в цилиндр № 1.

Если корпус распределителя заменяется, то провода к нему следует присоединить, как показано на рис. 12-17.

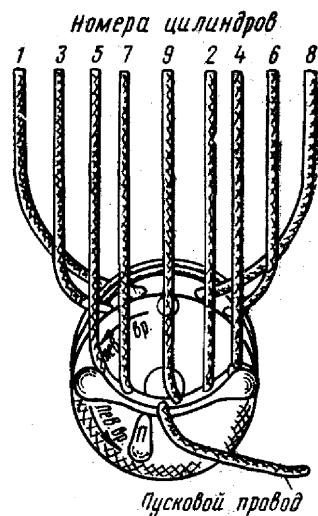


Рис. 12-17. Схема присоединения проводов зажигания к корпусу распределителя магнето БСМ-9

После замены магнето необходимо проверить его работу на работающем двигателе:

На взлетном режиме, сек .....	3
На режиме 1 000—1 200, об/мин, мин .....	1
На малом шаге винта при $r_k = 770—820$ мм рт. ст., мин.....	2

с двукратным переключением магнето

### 5. ЗАПАЛЬНАЯ СВЕЧА СД-48БСМ

Свеча служит для создания электрической искры, воспламеняющей рабочую смесь в цилиндре двигателя. Свеча СД-48БСМ — неразборная, экранированная, с керамической изоляцией сердечника и экрана. Свеча имеет демпфирующее сопротивление 1 000—1 800 ом, включенное последовательно с центральным электродом.

\*Необходимо помнить, что за один цикл работы двигателя коленчатый вал два раза занимает положение, соответствующее ВМТ—в тактах сжатия и выпуска. Такт сжатия проще всего определить, ориентируясь на компрессии в цилиндре № 1. После этого целесообразно вывернуть переднюю свечу в цилиндре № 1, чтобы компрессия в нем не препятствовала установке коленчатого вала в требуемое положение

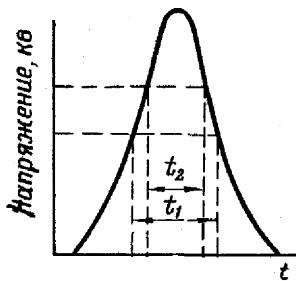


Рис. 12-18. Влияние демпфирующего сопротивления свечи на продолжительность искрообразования:  
 $t_1$  - продолжительность искрообразования при отсутствии демпфирующего сопротивления;  
 $t_2$  — “— при наличии демпфирующего сопротивления;

Демпфирующее сопротивление увеличивает потребное напряжение во вторичной цепи, что сокращает время искрообразования между электродами свечи (рис. 12-18). В результате уменьшаются помехи радиоприему, эрозия, износ электродов и влияние предыдущего разряда на последующий, увеличиваются сроки службы свечи.

Керамическая изоляция имеет высокую теплопроводность, что предотвращает перегрев свечи. Кроме того, свечи с керамической изоляцией более стойки при высоких температурах и менее подвержены нагарообразованию. Это также повышает сроки службы свечей и увеличивает их надежность.

Недостатком свечей с керамической изоляцией является низкая механическая прочность изолятора.

**Свеча СД-48БСМ** (рис. 12-19) состоит из двух основных частей — сердечника и корпуса (экрана).

Сердечник представляет собой корундовый изолятор 16, внутри которого с помощью специального цемента укреплен центральный электрод 15, состоящий из вольфрамового наконечника и никелевого

стержня, припаянных один к другому. Сердечник запрессован в корпус своей медной втулкой 17 и закрепляется в нем ниппелем 14, ввернутым в корпус на резьбе.

Поверх ниппеля в корпус запрессован специальный уплотнитель 9 из изоляционного материала, который обеспечивает герметизацию сердечника в корпусе.

Центральный электрод 15 уплотнен в изоляторе токопроводным уплотнителем 11, в верхней части которого закреплен стальной контакт 10. В верхний торец изолятора ввернута контактная головка 5. Между контактной головкой и контактом уплотнителя установлены демпфирующее сопротивление 7 и контактная пружина 6, удерживающая его от перемещений.

На утолщенную часть изолятора запрессована медная теплоотводная втулка 17, которая одновременно центрирует и крепит сердечник в корпусе свечи.

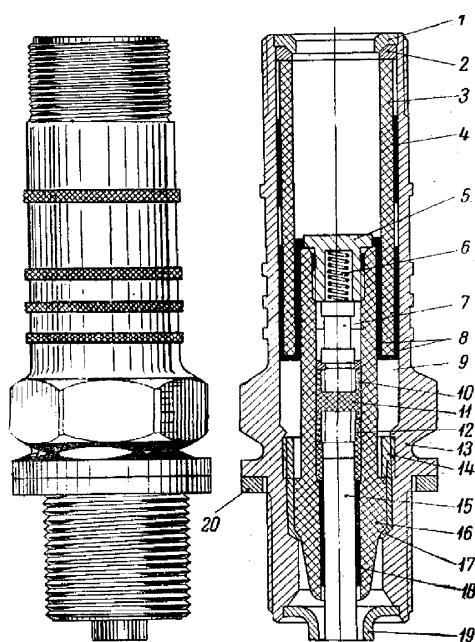


Рис. 12-19. Свеча СД-48БС:

1 — кольцо экрана; 2 — шайба; 3 — изоляционная трубка экрана; 4 — прокладка; 5 — контактная головка; 6 — пружина контактная; 7 — демпфирующее сопротивление; 8 — цемент; 9 — уплотнитель; 10 — контакт; 11 — токопроводный уплотнитель; 12 — стержень; 13 — корпус (экран); 14 — ниппель; 15 — центральный электрод; 16 — изолятор; 17 — втулка; 18 — цемент; 19 — боковой электрод; 20 — медное уплотнительное кольцо

Корпус свечи 13 — стальной и выполнен за одно целое с экраном. Корпус имеет резьбу для крепления свечи в цилиндре и наружный шестигранник под ключ. На экране нанесена резьба для гайки крепления угольника свечи. В выточку нижнего торца корпуса впаяно никелевое кольцо с выштампованными в нем четырьмя боковыми электродами 19.

Экран изолирован керамической трубкой 3, которая уплотнена специальным цементом и укреплена в радиальном отношении прокладкой 4, установленной между трубкой и экраном, в продольном отношении — стальным кольцом 1, завальцованным в верхней части экрана. Между кольцом и торцом трубы установлена шайба 2 из паронита.

Чтобы облегчить определение типа свечи, на ее экране накатаны четыре пояска.

#### **5.1.УХОД ЗА СВЕЧАМИ В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ ДВИГАТЕЛЯ**

Для обеспечения надежной работы свечей в процессе эксплуатации двигателя необходимо строго соблюдать следующие основные правила.

1) Не допускать хранения свечей навалом, так как это приводит к их загрязнению, механическим повреждениям корпуса, электродов и изоляторов. Свечи должны храниться и переноситься в специальных ящиках с гнездами под них.

2) Перед установкой на двигатель свечи должны быть расконсервированы. Консервирующую смазку удаляют промывкой каждой свечи в чистом бензине\*. После промывки свечи необходимо обдувать сжатым сухим воздухом. Так же расконсервируют свечи, установленные на законсервированном двигателе.

3) Если срок хранения свечей истек (два года для новых свечей и шесть месяцев для ремонтных), то после расконсервации их необходимо проверить с помощью прибора ПМ или ПМРЗ на искрообразование и герметичность.

Проверка на искрообразование производится под давлением  $15 \text{ кгс}/\text{см}^2$  для новых свечей и  $13—13,5 \text{ кгс}/\text{см}^2$  для ремонтных в течение 30 сек. Искрообразование должно протекать без видимых на глаз перебоев, с участием не менее двух боковых электродов.

Проверка на герметичность производится под давлением  $25 \text{ кгс}/\text{см}^2$  для новых и ремонтных свечей. Свеча считается годной, если она пропускает в течение 30 сек не более четырех пузырьков воздуха.

4) Медные уплотнительные кольца свечей не должны иметь вмятин, забоин, заусенец и деформаций. Кольца, бывшие в употреблении, разрешается ставить только после специального отжига и при толщине отожженного кольца не менее 1,6 мм.

Под заднюю свечу цилиндра № 1 уплотнительное кольцо не ставится, так как под нее устанавливается кольцо термопары.

5) Резьбу свечи перед установкой необходимо смазать графитной или слюдяной смазкой, чтобы она не пригорела к резьбе свечной втулки головки цилиндра. При этом надо следить, чтобы смазка не попала на электроды свечи. Если это случилось, свечу необходимо промыть в чистом бензине и продуть воздухом, после чего смазать ее резьбу вновь.

6) Для устранения возможности проворачивания свечных втулок устанавливать свечи на двигатель и снимать их с него следует при температуре головок цилиндров не выше  $60^\circ \text{C}$ .

7) Окончательно затягивать или отвертывать свечи необходимо только специальным предельным ключом. Момент затяжки должен быть равен  $5—6 \text{ кгс}\cdot\text{м}$ , а момент при отворачивании — не более  $9 \text{ кгс}\cdot\text{м}$ . Свечи, вывернутые с моментом более  $9 \text{ кгс}\cdot\text{м}$ , подлежат ремонту.

8) Не разрешается пользоваться ключом с поврежденными гранями, истекшим сроком проверки, допускать перекос и срывы ключа при затяжке и отвертывании свечи. Нарушение этих условий приводит к разрушению изоляции свечей.

9) После снятия передних свечей с двигателя для замера компрессии необходимо проверить зазоры между их электродами и состояние нижней части изоляторов.

Величина зазора должна быть в пределах  $0,28—0,36 \text{ мм}$ . Если свечи имеют повышенный зазор между электродами, а также большие отложения свинца или нагара, то необходимо снять и осмотреть и задние свечи. Свечи с повышенными зазорами и отложениями подлежат отправке в ремонт.

При наличии на свечах масла их надо промыть чистым бензином Б-70 и обдувать сжатым воздухом.

10) Если свеча упала или подверглась ударам, ее необходимо заменить.

\*Новые свечи, поставляемые в жесткой упаковке без консервации, промывке в бензине не подлежат.

## **6. КОЛЛЕКТОР ПРОВОДОВ ЗАЖИГАНИЯ И ЭКРАНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ЗАЖИГАНИЯ**

### **6.1.УСТРОЙСТВО КОЛЛЕКТОРА**

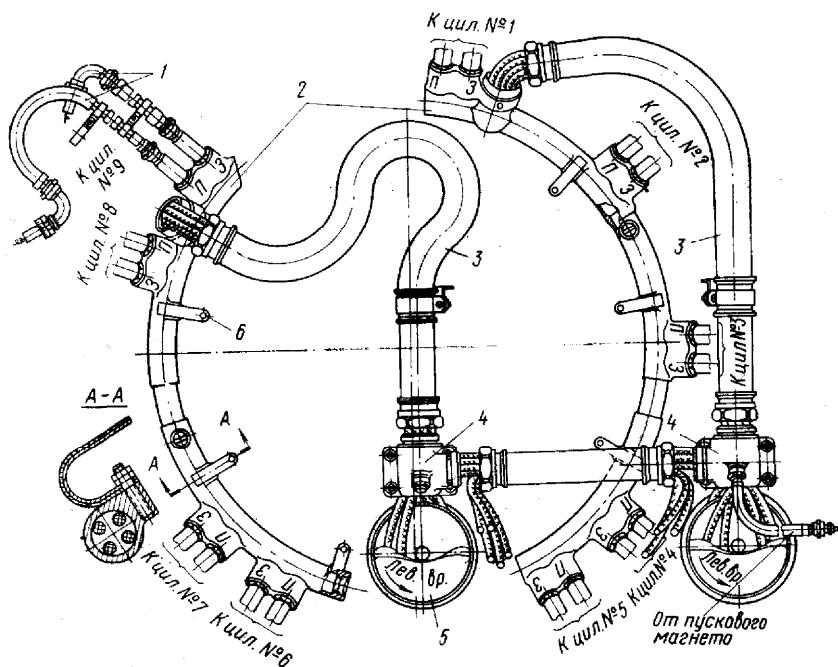


Рис. 12-20. Коллектор проводов зажигания:  
1—отъемные проводники; 2—кожух; 3—магистральные шланги; 4—угловые штуцеры;  
5—корпус распределителя магнето; 6—лапка крепления кожуха к картеру двигателя

Все провода высокого напряжения от распределителя магнето до свечей уложены в металлическом экранирующем коллекторе (рис. 12-20), который состоит из кожуха 2, укрепленного на картере двигателя, отъемных экранированных проводников 1, магистральных шлангов 3 и крышек экранирования магнето — угловых штуцеров 4.

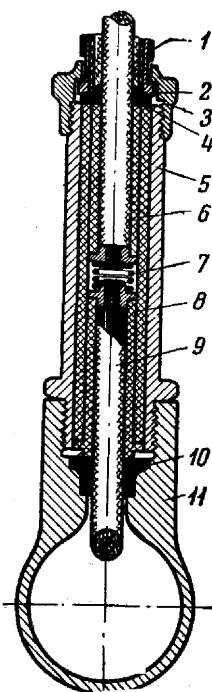
**Кожух коллектора** представляет собой два полукольца, отлитых из магниевого сплава. На внешней образующей кожуха имеется девять сдвоенных бобышек с отверстиями и резьбой, в которые монтируются узлы разъема отъемных проводников. На каждой бобышке с лицевой стороны выбиты клеймо номера цилиндра, к которому от нее идет проводник, и буквы «П» (к передней свече) и «З» (к задней свече).

Каждая половина кожуха коллектора крепится на шпильках носка картера тремя стальными лапками 6 рессорного типа. Для улучшения электропроводности лапки омедняются, после чего облуживаются.

С целью защиты от коррозии кожух пропитан специальным лаком, а все наружные не контактирующие поверхности окрашены серо-голубой эмалевой краской под цвет двигателя.

**Отъемные экранированные проводники** коллектора облегчают замену неисправных проводов, идущих от кожуха экрана к свечам. Каждый проводник включает в себя:

- провод высокого напряжения;
- экранирующий шланг, изготовленный из алюминиевой ленты, оплетенной двойным слоем луженой медной проволоки. Поверх оплетки надет резиновый шланг из бензомаслостойкой резины. Со стороны кожуха на шланг надета накидная гайка и пружинная разрезная шайба для контроля гайки, а со стороны свечи — накидная гайка. На обоих концах шланга заделаны футерки с буртиками для упора гаек;
- экран разъема проводника с кожухом коллектора;
- угольник свечи;
- детали контактных устройств разъемов и детали крепления проводника к экрану разъема, к угольнику свечи и самому угольнику к свече.



*Рис. 12-21. Соединение отъемного проводника с кожухом коллектора:*

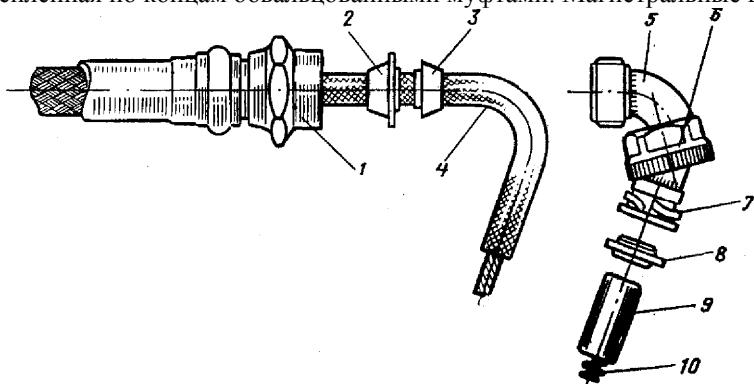
1 — экранирующий шланг отъемного проводника; 2 — ниппель; 3 — гайка; 4 — резиновая шайба; 5 — экран разъема; 6 и 8 — втулка гетинаксовая; 7 — контактная пружина; 9 — провод; 10 — резиновая шайба; 11 — кожух коллектора

Соединение отъемного проводника и его экрана с кожухом коллектора и угольником свечи показано на рис. 12-21 и 12-22.

Резиновые втулки, предусмотренные в этих соединениях, исключают попадание влаги в шланг отъемного проводника и в угольник свечи.

Отъемные проводники коллектора крепятся между собой попарно одним хомутом (см. рис. 12-20). Каждая пара проводников крепится хомутом к кожуху тяги. Под этот хомут устанавливается резиновая контактирующая втулка. Она предохраняет экран проводника от перетирания хомутом и обеспечивает электрический контакт экрана с массой двигателя, для чего припаивается к экрану через имеющийся на ней вырез.

**Магистральные шланги.** Комплект магистральных шлангов состоит из двух длинных шлангов 3 (см. рис. 12-20), соединяющих магнето с кожухом коллектора, и одного короткого, соединяющего крышки экранирования магнето 4. Шланги гибкие, экранированные. На концах каждого из них заделаны и припаяны ниппели. Для защиты шланга от механических повреждений, действия воды, масла и бензина и для повышения вибропрочности на него надета предохранительная трубка из маслобензостойкой резины, закрепленная по концам обвальцованными муфтами. Магистральные шланги крепятся накидными гайками.



*Рис. 12-22. Соединение экранирующего шланга отъемного проводника с угольником свечи и угольника со свечой:*

1 — накидная гайка отъемного проводника; 2 и 3 — уплотнительные втулки; 4 — провод; 5 — угольник; 6 — накидная гайка угольника; 7 — пружинная шайба; 8 — уплотнительная втулка; 9 — изоляционная втулка; 10 — контактная пружина

**Крышки экранирования магнето** (угловые штуцеры) 4 (см. рис. 12-20) отлиты из алюминиевого сплава и служат для экранирования проводов, выходящих из корпуса распределителя магнито. Каждая крышка имеет два штуцера для крепления магистральных шлангов, фланец с четырьмя отверстиями под винты крепления к магнито и штуцер для крепления кожуха провода, идущего от пусковой катушки к распределителю магнито. Пусковой провод подводится только к правому магнито. У левого магнито этот штуцер заглушен.

## 6.2.УХОД ЗА КОЛЛЕКТОРОМ ПРОВОДОВ ЗАЖИГАНИЯ ПРИ ТЕХНИЧЕСКОМ ОБСЛУЖИВАНИИ ДВИГАТЕЛЯ

В процессе каждого послеполетного технического обслуживания двигателя проверяется состояние всех деталей и соединений коллектора проводов зажигания, доступных для внешнего осмотра.

Затяжка всех гаек коллектора проверяется рукой. Ослабшие гайки необходимо подтянуть ключом.

Состояние отъемных проводников коллектора и крепления их хомутами к кожухам тяг проверяется внешним осмотром и покачиванием проводников рукой около хомутов.

Если обнаружено, что резиновый шланг проводника разорван или сильно сплющен, его необходимо заменить.

При обнаружении трещин в кожухе коллектора его необходимо заменить. Аналогичная проверка коллектора проводится и при обслуживании через каждые 50 ч.

В процессе обслуживания через 100 ч налета дополнительно к указанным выше работам проверяют контактные устройства и соединения отъемных проводников. При этом могут быть обнаружены следующие неисправности:

-- поломки, трещины или обгорание гетинаксовых изоляционных втулок. Такие втулки необходимо заменить;

-- продольный люфт гетинаксовых втулок на проводе. В этом случае жилу провода надо пригнуть к шайбе втулки так, чтобы в нее упиралась изоляция провода;

-- потеря, упругости контактных пружин. Такие пружины следует растянуть на 10—12 мм;

-- разрывы и трещины резиновых шайб, втулок и гетинаксовых шайб, происходящие от чрезмерной затяжки гаек соединений, или разбухание резиновых шайб от действия на них масла и керосина. Неисправные шайбы и втулки необходимо заменить;

-- обгорание изоляции на концах проводов, в гетинаксовых втулках и в угольниках свечей от действия высокой температуры или разбухание изоляции от попадания на нее масла и керосина. Провода с поврежденной резиновой изоляцией подлежат замене;

-- повреждение резьбы на гайках крепления, на угольниках свечей и на экранах разъема. Детали с поврежденной резьбой подлежат замене.

Дополнительно к этому проверяют электрическую прочность изоляции проводов зажигания от магнито до свечей током высокого напряжения с помощью переносного трехэлектродного разрядника.

Провод считается годным, если при проверке его на разряднике с зазором между электродами 9 мм в течение 30 сек будет происходить непрерывное искрообразование. Если искрообразования нет или оно дает перебои, провод подлежит замене.

## 7.НЕИСПРАВНОСТИ СИСТЕМЫ ЗАЖИГАНИЯ

Наиболее характерные неисправности системы зажигания, встречающиеся при эксплуатации двигателя, следующие:

### 1.Двигатель не запускается из-за отсутствия зажигания смеси в цилиндрах.

Причинами неисправности могут быть:

-- отказ в работе пусковой катушки;

-- отсутствие искрообразования между электродами свечей;

-- неисправность переключателя или проводов, соединяющих его с клеммами выключения магнито.

Выяснение причины неисправности целесообразно начать с проверки работы пусковой катушки, а затем, если это потребуется, последовательно проверить свечи и переключатель магнито.

Работа пусковой катушки проверяется двумя способами:

1) По звуку: при включении пусковой катушки нажатием кнопки КС-3 под капотом двигателя возникает характерный шипящий звук, являющийся признаком интенсивного искрообразования в катушке. Отсутствия такого звука указывает на неисправность пусковой катушки;

2) По искрообразованию между проводником от пусковой катушки и массой. Для этого необходимо присоединить вместо проводника, идущего от катушки к магнито, кусок провода и, удерживая оголенный конец его на расстоянии 7— 10 мм от массы, включить пусковую катушку. При исправной катушке искрообразование между проводником и массой должно быть практически непрерывным.

Если пусковая катушка не дает нормального искрообразования, необходимо зачистить контакты ее вибратора, проверить состояние проводов низкого и высокого напряжения, идущих к катушке, и убедиться в их исправности. Если это не дает положительных результатов, катушку необходимо заменить.

Убедившись в исправности катушки, необходимо проверить свечи. Для этого следует вывернуть передние свечи, на которые идет ток от пусковой катушки, и осмотреть их. При замасливании электродов и

изоляторов передних свечей или наличия воды на них вывернуть и задние свечи; Промыть все свечи в бензине, после чего обдууть их сжатым воздухом, установить на место и запустить двигатель\*.

Если пусковая катушка и свечи исправны, а двигатель все же не запускается, необходимо снять и проверить переключатель магнето, осмотреть его и при необходимости «прозвонить» током низкого напряжения провода от клемм выключения магнето до переключателя, определив места замыкания на массу.

Если появлению неисправности предшествовала замена обоих магнето, то причиной ее может быть ошибка при установке магнето. Момент искрообразования у них мог быть установлен по концу такта выпуска вместо конца такта сжатия. В этом случае надо проверить правильность установки магнето (см. стр. 12-13...12-16).

2. После запуска, двигатель работает неустойчиво, с перебоями в зажигании, а затем глохнет.

Наиболее вероятными причинами неисправности являются:

- наличие масла или влаги на электродах и изоляторах части свечей;
- отказ в работе одного магнето.

Для выяснения неисправности необходимо вывернуть все свечи. Если замаслена часть передних и задних свечей, их необходимо промыть, продуть сжатым воздухом и установить на место. Этим неисправность обычно устраняется.

Замасливание всех передних или всех задних свечей указывает на отказ в работе соответствующего магнето. В этом случае необходимо:

- убедиться в отсутствии замыкания на массу в переключателе магнето или в проводе от клеммы выключения его до переключателя;

-- снять корпус распределителя магнето и проверить состояние контактов и величину зазоров между контактами прерывателя, состояние рабочего контакта бегунка и контактов распределителя, состояние контактного уголька и вывода высокого напряжения.

Не обнаружив неисправностей магнето, его необходимо заменить, так как вероятной причиной отказа его в работе является пробой изоляции трансформатора.

3. При переключении на одно магнето двигатель на режимной работе начинает трясти. На двух магнето двигатель работает без тряски.

Неисправность указывает на перебои в зажигании смеси в одном или нескольких цилиндрах.

Чтобы установить, в каких цилиндрах происходят перебои зажигания, необходимо перевести двигатель на 1 200—1 500 об/мин, включить магнето, вызывающее тряску двигателя, и выдержать этот режим 1—2 мин, после чего остановить двигатель. Когда цилиндры охладятся до температуры 60°, вывернуть все передние или задние свечи (в зависимости от того, на каком магнето возникают перебои) и осмотреть их. В неработающих цилиндрах электроды и изоляторы свечей будут замаслены\*.

Причины неисправности в этом случае следующие.

1) Отсутствие искрообразования на свечах из-за чрезмерного нагара на электродах и изоляторах, чрезмерного увеличения зазоров между электродами (больше 0,6 мм) или разрушения изоляции сердечника или экрана. Сомнительные в смысле надежности работы свечи из цилиндров, имеющих перебои зажигания, необходимо проверить на искрообразование, как указано на стр. 12-18.

Если свечи дают хорошее искрообразование, имеют незначительный нагар и зазоры между электродами не выходят из пределов 0,3—0,4 мм, то заменять их не следует, так как не они являются причиной неисправности. В этом случае свечи необходимо промыть бензином, обдууть сжатым воздухом и снова установить на двигатель.

2). Повреждение изоляции проводов или нарушение их электрического контакта со свечами в разъемах отъемных проводников или с контактами корпуса распределителя.

Для определения состояния проводов и их контактных соединений необходимо снять корпус распределителя и убедиться в исправности его контактов. Подозрительные провода проверить током высокого напряжения от пусковой катушки.

Провода с поврежденной изоляцией заменить, а неисправные соединения разъемов проводов и соединения проводов со свечами отремонтировать. При плохом соединении провода с контактом корпуса распределителя следует вывернуть контактный винт, вынуть из гнезда корпуса провод, повернуть его на 90° и, вставив в гнездо до упора, завернуть до конца контактный винт.

3). Перебои зажигания в цилиндрах двигателя могут происходить также вследствие неисправности самого магнето. Причинами этого могут быть:

- a) обгорание контактов или нарушение зазоров между контактами прерывателя. Неисправность устраняется зачисткой контактов и регулировкой зазоров между ними;
- б) обгорание или загрязнение контактов корпуса распределителя и рабочего контакта бегунка. Неисправность устраняется также зачисткой контактов;
- в) расшатывание футерок крепления пластины прерывателя или поломка его пружины. В этом случае необходимо заменить магнето.

В случае неисправности магнето перебои зажигания происходят не в строго определенных цилиндрах,

\*При образовании на электродах и изоляторах свечей значительного нагара свечи следует заменить.

а, как правило, во всех цилиндрах без всякой системы. Поэтому найти цилиндры, в которых происходят перебои зажигания, указанным выше способом невозможно.

Определение истинной причины неисправности в этом случае значительно затрудняется и требует последовательной проверки всех свечей, проводов и магнето.

Одновременное появление указанных выше неисправностей на правом и левом магнето, в проводах, соединяющих их со свечами, или отказ в работе отдельных передних и задних свечей приводит к трясле двигателя при работе его на двух магнето. Методика определения причины неисправности при этом остается прежней.

4. Двигатель нормально запускается, но имеет плохую приемистость, перегревается на режимной работе и не развивает полной мощности.

Причиной неисправности является или установка магнето на слишком позднее зажигание, или заклинение автомата опережения в положении самого позднего зажигания.

Для проверки работы автомата нужно снять с магнето корпус распределителя и попробовать рукой повернуть бегунок магнето в сторону вращения. Если автомат исправен, то бегунок легко поворачивается на 6—8°. При неисправном автомате бегунок или совсем не поворачивается, или поворачивается с большим усилием и на очень малую величину.

Применять большие усилия при проверке работы автомата запрещается, так как это может вызвать разрушение зубьев текстолитовой шестерни магнето.

При неисправности автомата опережения магнето необходимо заменить.

5. При переключении на одно магнето зажигание в цилиндрах полностью прекращается.

Причиной неисправности является или отказ магнето в работе (пробой изоляции трансформатора, вывода высокого напряжения, корпуса или бегунка распределителя, постоянное замыкание контактов прерывателя из-за сильного износа подушки его рычажка), или замыкание первичной обмотки магнето на массу в переключателе или проводе, соединяющем переключатель с клеммой выключения двигателя.

\*Надо учитывать, что замасливание свечей в отдельных цилиндрах может происходить и при исправной системе зажигания в случае повышенного расхода масла вследствие износа деталей цилиндро-поршневой группы и направляющих клапанов, а также в случае расположения против свечи стыка верхнего поршневого кольца.

## Глава 13. СИСТЕМА ЗАПУСКА ДВИГАТЕЛЯ АШ-62ИР.

### 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ЗАПУСКЕ ПОРШНЕВОГО ДВИГАТЕЛЯ.

Запуск авиационного поршневого двигателя осуществляется с помощью внешнего источника энергии, раскручивающего коленчатый вал до числа оборотов, на которых двигатель может работать самостоятельно. Коленчатый вал должен быть повернут не менее чем на 1,5—2 оборота со средней угловой скоростью, соответствующей не менее 40—60 об/мин. При такой скорости горючая смесь, поступающая в цилиндры двигателя, имеет достаточно интенсивные завихрения, способствующие лучшему ее перемешиванию и воспламенению электрической искрой, и приобретает в конце такта сжатия температуру и давление, необходимые для устойчивого горения. Мощность, развиваемая при этом двигателем, становится достаточной для сообщения коленчатому валу необходимого ускорения и для вывода двигателя на режим самостоятельной работы (90—150 об/мин), а затем и на режим малого газа (500—600 об/мин).

В период запуска двигателя карбюратор вследствие небольших чисел оборотов не может приготовить смесь необходимого качества, а рабочее магнито—создать достаточно интенсивную электрическую искру для ее воспламенения. Поэтому, кроме источника энергии, в системе запуска двигателя предусматриваются устройства, обеспечивающие приготовление горючей смеси и получение тока высокого напряжения для ее зажигания, независимо от карбюратора, рабочих магнето и числа оборотов коленчатого вала.

Для приготовления горючей смеси используются пусковые или заливочные насосы, а зажигание смеси при запуске осуществляется пусковыми индукционными катушками и пусковыми магнето.

Современные поршневые авиадвигатели оборудованы бортовыми средствами запуска — стартерами. Источниками энергии для них являются: сжатый воздух (воздушные стартеры) или электроэнергия (электрические стартеры).

Наиболее распространенным средством запуска авиадвигателей являются электрические стартеры. Они удобны тем, что всегда готовы к действию, допускают многократность попыток запуска, используют всегда имеющуюся на самолете и аэродроме электроэнергию. Запуск двигателя с помощью электростартера прост и экономичен в отношении расхода энергии. Кроме того, большинство электростартеров имеет устройства для приведения их в действие вручную, что обеспечивает возможность запуска двигателя и в случае отсутствия электрической энергии.

### 2. ЭЛЕКТРОИНЖЕНЕРЦИОННЫЙ СТАРТЕР РИМ-У-24ИР

Запуск двигателя АШ-62ИР осуществляется электроинженерционным стартером РИМ-У-24ИР, имеющим электрический и ручной приводы (рис. 13-1). Стартер работает совместно с электродвигателем СА-189, электромагнитным включателем ВМ-177, реле храповика РА-176Д, кнопкой стартера КС-3\* и пусковой катушкой КП-4716, образующими систему запуска двигателя.

#### Основные технические данные стартера

Рабочее напряжение тока, в.....	24
Число оборотов маховика в минуту:	
-максимально допустимое .....	12 500
-минимальное, при котором обеспечивается запуск двигателя .....	10 000
Передаточное число:	
-от маховика к храповику (при небуксующей фрикционной муфте) .....	133,1:1
-от ручного привода к маховику .....	1:155,3
Момент, при котором фрикционная муфта пробуксовывает, кгс·м.....	105—120
Величина осевого перемещения храповика, мм.....	9
Время раскрутки маховика до максимальных оборотов:	
-от электродвигателя, сек. ....	не более 13
-от ручного привода, мин.....	4—5
Допустимое число попыток запуска двигателя с помощью	
стартера (от электродвигателя) , .....	4 (с интервалами
между попытками не менее 15—20сек, с последующим перерывом—не менее 30 мин.)	
Вес стартера с электродвигателем СА-189 и реле храповика РА-176М, кг .....	17,8

\*На самолетах Ан-2 последних серий выпуска вместо кнопки стартера КС-3 применен переключатель ПН-45М. Назначение и работа этих агрегатов аналогичны.

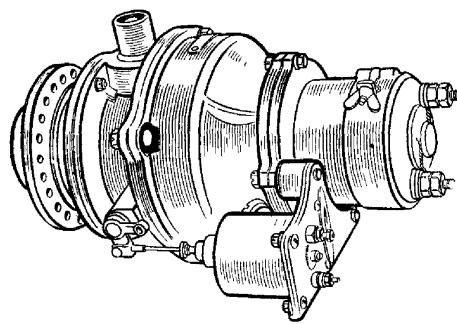


Рис. 13-1. Электроинерционный стартер РИМ-24ИР.

В стартерах такого типа энергия для раскрутки коленчатого вала аккумулируется в маховике, который предварительно раскручивается электродвигателем небольшой мощности. После раскрутки маховика до большого числа оборотов электродвигатель выключается и энергия, накопленная в маховике, через редуктор, предохранительную фрикционную муфту и храповик приводит во вращение коленчатый вал двигателя.

#### 2.1.СХЕМА УСТРОЙСТВА, КОНСТРУКЦИЯ И РАБОТА СТАРТЕРА

Основными узлами стартера (рис. 13-2) являются маховик, редуктор, фрикционная муфта, механизм включения, узел сцепления и ручной привод. Конструкция всех этих узлов показана на продольном разрезе стартера (рис. 13-3).

**Маховик стартера** при его раскручивании от электродвигателя СА-189 или от ручного привода накапливает механическую энергию, необходимую для вращения коленчатого вала двигателя. Маховик стальной, опирается на два шарикоподшипника, наружные обоймы которых запрессованы в среднюю часть корпуса стартера.

В осевое отверстие маховика на шпонке установлен валик, изготовленный за одно целое с ведущей шестерней редуктора. С задней стороны на маховике укреплен винтами фланец для соединения маховика в момент его раскрутки с муфтой сцепления электродвигателя СА-189. Принцип работы муфты сцепления рассмотрен ниже.

**Редуктор стартера** служит для уменьшения числа оборотов храповика стартера по сравнению с числом оборотов маховика. Кроме того, редуктор позволяет раскрутить маховик вручную до большего числа оборотов при незначительном числе оборотов рукоятки ручного привода.

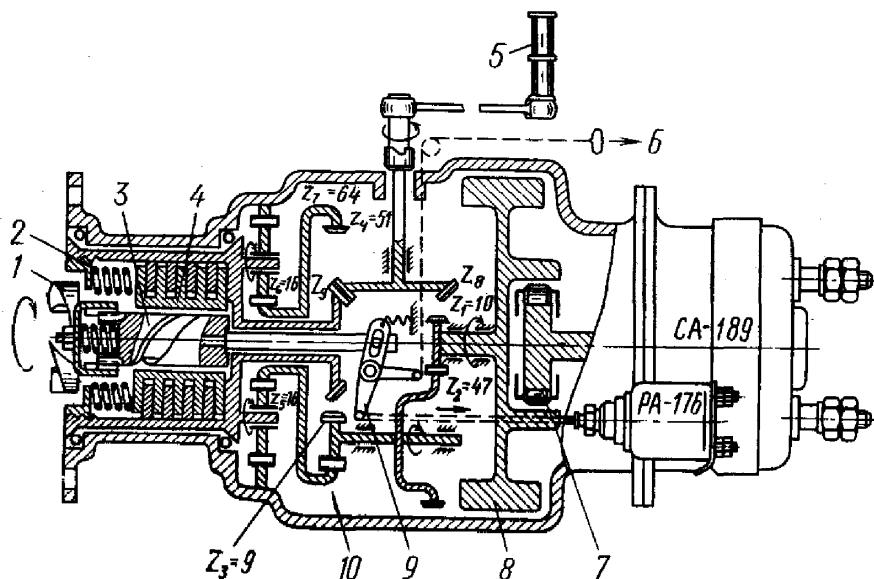


Рис. 13-2. Схема устройства стартера РИМ-24ИР:

1 - храповик; 2—пружина фрикционной муфты; 3—механизм сцепления; 4 — фрикционная муфта; 5—рукоятка ручного привода; 6—трос ручного сцепления храповика; 7—муфта сцепления с заклинивающими роликами; 8 — маховик; 9 — механизм включения; 10 — редуктор

Редуктор состоит из трех последовательно соединенных зубчатых передач (см. рис. 13-2), включающих

в себя планетарный редуктор. Общее передаточное число такого редуктора равно:

$$i = \frac{z_1 \cdot z_3}{z_2 \cdot z_4} \cdot \frac{z_5}{z_5 + z_7} = \frac{10}{47} \cdot \frac{9}{51} \cdot \frac{16}{16 + 64} = 1:133,1$$

Это значит, что за 133,1 оборота маховика фрикционная муфта и жестко связанный с ней храповик стартера (при отсутствии пробуксовывания муфты) делают один оборот. При 12500 об/мин маховика храповик соответственно будет иметь 94 об/мин.

Для раскрутки маховика вручную стартер имеет ручной привод, включающий в себя две конические шестерни, одна из которых ( $Z_8=14$ ) приводится во вращение от рукоятки ручного привода, а другая ( $Z_9=12$ ) жестко соединена с хвостовиком корпуса фрикционной муфты и через него и шестерни редуктора передает вращение маховику.

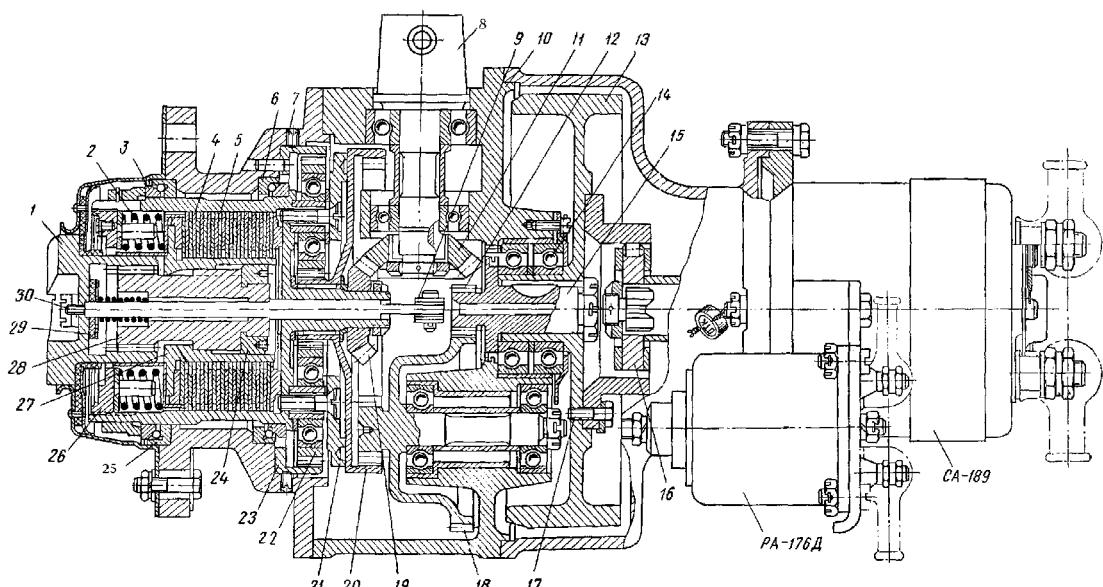


Рис. 13-3. Продольный разрез стартера РИМ-24ИР:

1—храповик; 2—пружина; 3 и 6—подшипники; 4—бронзовые диски фрикционной муфты; 5—корпус муфты; 7—стопор; 8—ручной привод; 9—серьга; 10—средняя часть картера; 11 и 19—шестерня ручного привода; 12—шестерня, 13—маховик; 14—шарикоподшипник; 15—валик; 16—муфта с заклинивающимися роликами; 17—болт; 18 и 19—двойная шестерня; 21—кольцо; 22—сателлит; 23—неподвижная шестерня; 24—гайка; 25—крышка; 26—гайка; 27—втулка хвостовика; 28—хвостовик; 29—резиновая шайба; 30—шток

В этом случае редуктор стартера работает как мультиплликатор. Передаточное число от рукоятки ручного привода к маховику стартера равно:

$$i = \frac{z_8}{z_9} \cdot \frac{1}{\frac{z_5}{z_5 + z_7}} \cdot \frac{z_4}{z_5} \cdot \frac{z_2}{z_1} = \frac{14}{12} \cdot \frac{1}{\frac{16}{16 + 64}} \cdot \frac{51}{9} \cdot \frac{47}{10} = 155,3 : 1$$

Следовательно, за один оборот рукоятки ручного привода маховик совершает 155,3 оборота. Раскрутка маховика производится из кабины самолета Ан-2 ручкой через промежуточный карданный вал и редуктор.

**Фрикционная муфта** (см. рис. 13-3) расположена между редуктором и механизмом сцепления и служит для ограничения величины крутящего момента, передаваемого стартером коленчатому валу двигателя (95—110 кгс·м). При возникновении большего крутящего момента она пробуксовывает, предохраняя механизм стартера и вал привода агрегатов двигателя от поломки. Пробуксовывание происходит:

- в момент запуска двигателя, когда вращающийся храповик стартера сцепляется с неподвижным коленчатым валом. Пробуксовывание длится до тех пор, пока число оборотов коленчатого вала не сравняется с числом оборотов корпуса муфты;

- при обратном ходе коленчатого вала двигателя в момент запуска;

- в случае запуска неподогретого двигателя зимой, когда вследствие большой вязкости масла резко возрастают усилия, необходимые для проворачивания коленчатого вала.

Фрикционная муфта смонтирована в стальном корпусе, который вращается на двух специальных опоро-упорных шарикоподшипниках, находящихся в передней части корпуса стартера.

Рабочая часть муфты образована чередующимися бронзовыми и стальными дисками. Бронзовые диски

соединены своими наружными выступами со шлицами корпуса муфты (поз.5, рис 13-3), стальные — внутренними выступами со шлицами втулки хвостовика механизма сцепления (поз.27, рис.13-3) . Диски фрикционной муфты соединены между собой только силой трения, возникающей в результате сжатия их девятью спиральными пружинами.

**Механизм сцепления** служит для соединения храповика стартера с коленчатым валом и состоит из втулки хвостовика, хвостовика и храповика. Все детали стальные.

Втулка хвостовика имеет внутренние спиральные шлицы левой нарезки, по которым перемещается хвостовик\*. Ход хвостовика ограничивается гайкой, навернутой на его задний конец и законтренной посредством развалцовки хвостовика. На переднем конце хвостовика сделаны наружные прямые шлицы, на которые надевается храповик. Он отжимается от хвостовика спиральной пружиной и удерживается в определенном положении гайкой, навернутой на передний конец штока механизма включения.

При включении механизма сцепления хвостовик и храповик перемещаются вперед. Двигаясь по спиральным шлицам, они поворачиваются в сторону, противоположную направлению их вращения, благодаря чему уменьшаются относительная скорость в момент сцепления храповиков стартера и вала привода агрегатов двигателя и значительно смягчается удар их друг о друга.

Часто бывают случаи, когда после запуска двигателя число оборотов коленчатого вала превышает число оборотов храповика, а хвостовик все еще находится в крайнем переднем положении (из-за запаздывания выключения сцепления или вследствие заедания хвостовика в его втулке). Тогда храповик стартера под действием храповика вала привода агрегатов сжимает пружину и, перемещаясь по прямым шлицам назад, выходит из зацепления с валом привода агрегатов.

Эластичная продольная связь между храповиком и хвостовиком предотвращает разрушение механизма включения стартера в указанных выше случаях.

К переднему фланцу корпуса стартера винтами крепится стальная крышка. Она препятствует попаданию в стартер масла из двигателя. Крышка имеет резиновую манжету, уплотняющую храповик по поверхности его шейки. Отверстие храповика под шток также уплотнено резиновой шайбой (поз 29, рис.13-3).

**Механизм включения** приводит в действие механизм сцепления. Он состоит из стальной шпильки, серги и двуплечего рычага. Шпилька установлена перпендикулярно оси стартера в средней части его корпуса. На внутреннем конце шпильки жестко закреплена серга, а на наружном — двуплечий рычаг. Серга шарнирно соединена со штоком, проходящим по оси стартера сквозь корпус фрикционной муфты, хвостовик и храповик. К одному плечу наружного рычага присоединен трос от реле храповика РА-176Д, к другому — трос ручного включения храповика.

Внутри стартера на шпильку надета спиральная пружина, работающая на скручивание. Она упирается одним кольцом в корпус стартера, другим — в сергу, оттягивая ее и шток, а следовательно, и храповик с хвостовиком в крайнее заднее положение, соответствующее выключению сцепления.

Для включения механизма сцепления шпильку механизма включения поворачивают за наружный рычаг с помощью реле храповика РА-176Д или троса ручного включения храповика. Тогда серга повернется и выдвинет шток вперед. Последний своим заплечиком переместит хвостовик и храповик вперед до сцепления с храповиком вала привода агрегатов двигателя.

Как только трос включения будет отпущен, пружина механизма включения выведет храповик стартера из зацепления.

### 3. ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ СИСТЕМЫ ЗАПУСКА

Электрооборудование системы запуска включает в себя электродвигатель СА-189, электромагнитный выключатель ВМ-177, реле храповика РА-176Д, пусковую катушку КП-4716, кнопку стартера КС-3 и предохранительный выключатель запуска — автомат защиты сети АЗС-20. Принципиальная схема устройства этих агрегатов и их подключение показаны на рис. 13-4. Источником энергии при запуске является бортовая аккумуляторная батарея 12А-30.

При рассмотрении электроагрегатов системы запуска ограничимся лишь краткими сведениями об их назначении и принципе работы.

Электродвигатель СА-189 предназначен для раскрутки маховика стартера.. Двигатель постоянного тока, четырехполюсный, серийный\*\*, левого вращения (если смотреть со стороны его коллектора), мощностью 1,9 л. с. Он прикреплен болтами к заднему фланцу корпуса стартера и входит в комплект стартера в сборе.

\*На рис. 13-2 эти шлицы условно заменены одним шипом на втулке хвостовика и винтовой канавкой на самом хвостовике.

\*\* Серийными называются электродвигатели с последовательным соединением обмоток возбуждения и якоря. Преимуществом таких двигателей является возможность резко увеличивать с нагрузкой свой момент вращения и, как следствие, сократить продолжительность раскрутки маховика.

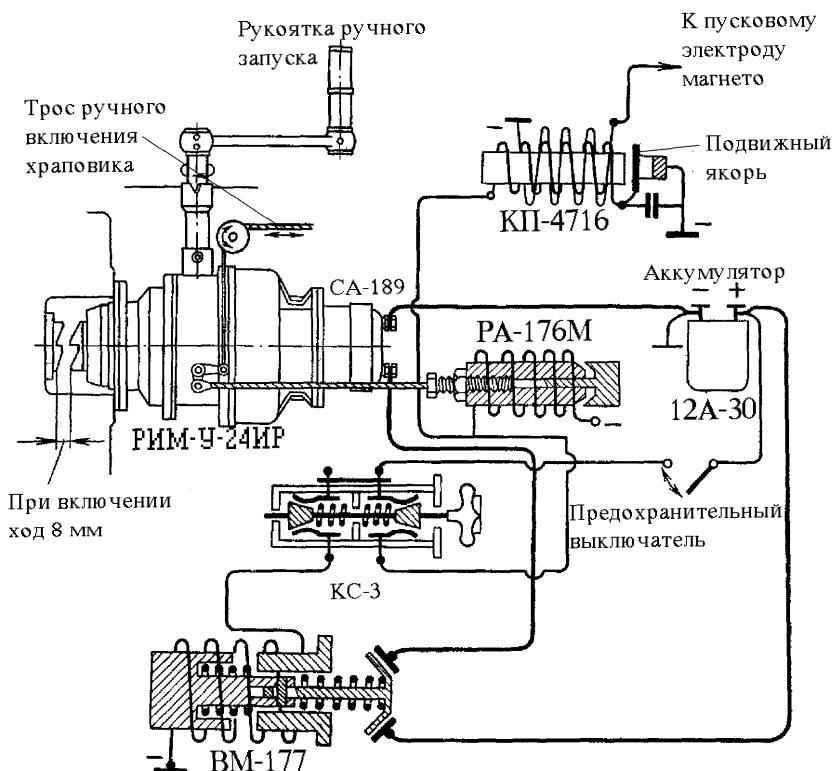


Рис. 13-4. Электрооборудование системы запуска

Вал электродвигателя соединяется с маховиком стартера с помощью автоматической муфты с заклинивающими роликами (рис. 13-5). Она состоит из звездочки 2, установленной на шлицах переднего конца вала электродвигателя, обоймы 1, не связанной в окружном отношении со звездочкой, и роликов, установленных в гнездах обоймы. Муфта работает только в тех случаях, когда число оборотов вала электродвигателя больше числа оборотов маховика.

Принцип ее работы заключается в следующем.

При включении электродвигателя его вал вместе со звездочкой начинает вращаться против часовой стрелки. Обойма муфты будет, отставая от звездочки, и выступы последней, набегая на ролики, будут выжимать их наружу до соприкосновения с фланцем маховика 3. При заклинивании роликов между фланцем маховика и выступами звездочки вал электродвигателя сцепляется с маховиком, и последний начинает раскручиваться (рис. 13-5, а).

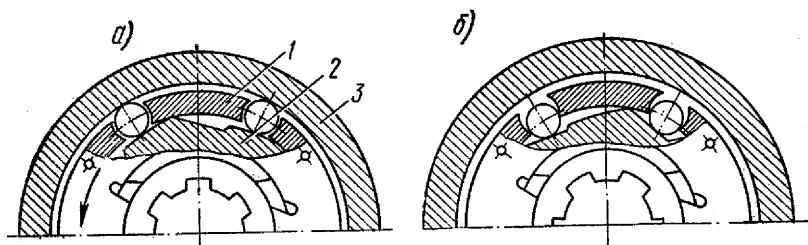


Рис. 13-5. Муфта с заклинивающими роликами:  
1—обойма; 2—звездочка; 3—фланец маховика

В момент выключения электродвигателя число оборотов его вала и звездочки муфты становится меньше числа оборотов маховика. При этом обойма смещается по ходу относительно звездочки, ролики муфты утапают во впадинах между выступами звездочки и расцепляют электродвигатель с маховиком (см. рис. 13-5, б). Благодаря этому исключается потеря энергии раскрученного маховика на вращение якоря электродвигателя после выключения его питания.

**Электромагнитный включатель ВМ-177** (рис. 13-6) служит для дистанционного включения электродвигателя СА-189 с помощью кнопки КС-3.

При включении кнопки стартера КС-3 (рукотка кнопки вытягивается «на себя») подается напряжение на катушку 9, якорь 26 перемещается вверх (см. рис. 13-6) и контактная пластина 17 замыкает два неподвижных контакта между болтами 15. В результате напряжение от аккумулятора поступает к

электродвигателю СА-189.

Когда кнопка КС-3 выключена (рукойтка кнопки находится в нейтральном положении или отжата «от себя»), контакты выключателя под действием возвратной пружины 7 размыкаются и подача напряжения к электродвигателю прекращается.

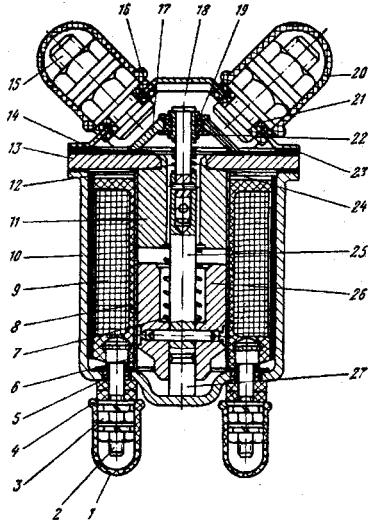


Рис. 13-6. Включатель магнитный BM-177

1, 20 — колпачок; 2 — болт выводной; 3 — гайка; 4, 5, 19, 21 — шайбы изоляционные; 6, 22 — втулки; 7 и 24 — пружины; 8 — каркас катушки; 9 — катушка; 10 — кожух; 11 — сердечник; 12 — штифт; 13 — основание; 14 — крышка; 15 — болт контактный; 16, 18, 23 — пластины изоляционные; 17 — пластина контактная; 25 — плунжер; 26 — якорь; 27 — упор изоляционный.

**Реле храповика РА-176Д** (рис.13-7) служит для дистанционного управления механизмом включения стартера. При включении реле кнопкой КС-3 (рукойтка кнопки отжимается «от себя») подается напряжение на катушку 9, сердечник 12 притягивает к себе якорь 7 с прикрепленным к нему тросом 2 и через механизм включения стартера вводит его храповик в зацепление с храповиком вала привода агрегатов двигателя. В момент выключения реле его якорь отходит в крайнее левое положение (см.рис.13-7) под действием возвратной пружины механизма включения стартера. При монтаже реле на стартере необходимо отрегулировать натяжной трос, так, чтобы он имел осевой люфт в пределах 0,8—1,0 мм. Натяжение троса недопустимо.

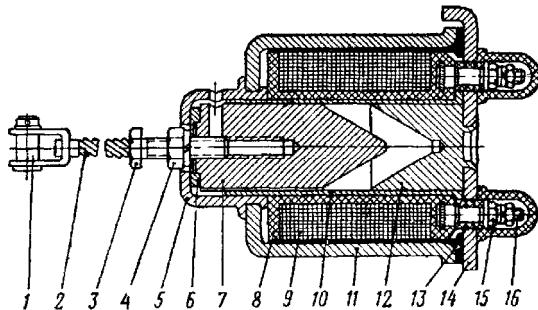


Рис. 13-7. Реле храповика РА-176Д

1 — штифт; 2 — трос; 3 — винт; 4, 15 — гайки; 5 — упор; 6 — шайба якоря; 7 — якорь; 8 — каркас катушки; 9 — катушка; 10 — втулка; 11 — кожух; 12 — сердечник; 13 — шайба текстолитовая; 14 — основание; 16 — болт выводной.

**Пусковая катушка КП-4716** (рис.13-8) вырабатывает ток высокого напряжения, необходимый для зажигания смеси при запуске двигателя.

Катушка состоит из первичной обмотки 6, вторичной обмотки 12, сердечника 10, подвижного якоря 5. При перемещении кнопки КС-3 «от себя» на первичную обмотку катушки будет подаваться напряжение от аккумулятора 12A-30. Сердечник катушки намагничивается и притянет подвижный якорь. При этом цепь питания первичной обмотки разомкнется, сердечник размагнитится и отпустит якорь, который снова замкнет контакт. В результате контакт будет все время то замыкаться, то размыкаться с частотой 900 раз в секунду. Вследствие этого, вторичная обмотка катушки будет пересекаться переменным магнитным полем и в ней будет индуцироваться ток высокого напряжения, который поступает на распределитель правого

магнето и далее к передним свечам.

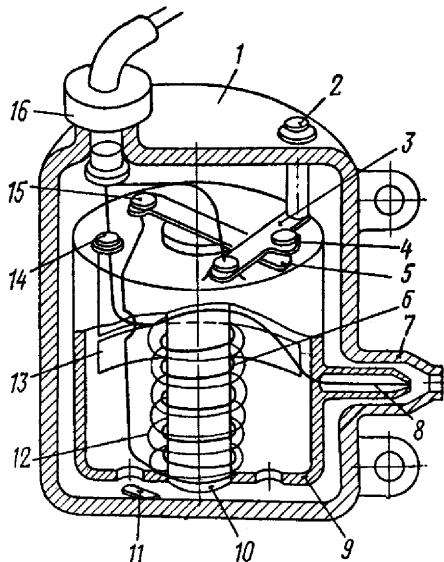


Рис. 13-8. Пусковая катушка КП-4716

1 — кожух; 2 — винт; 3 — контактное основание; 4 — регулировочный винт; 5 — подвижный якорь; 6 — первичная обмотка; 7 — штуцер вывода; 8 — вывод; 9 — карбонитовый корпус; 10 — сердечник; 11 — контактная пластина; 12 — вторичная обмотка; 13 — конденсатор; 14, 15 — клеммы; 16 — штуцер вывода провода.

**Кнопка стартера КС-3** (рис.13-8) включает электродвигатель СА-189 с помощью включателя ВМ-177 для раскрутки маховика стартера, а также выключает СА-189 и включает реле храповика РА-176Д и пусковую катушку КП-4716 для сцепления храповика стартера с коленчатым валом двигателя.

Подвижный стержень 21 кнопки может занимать три положения, из которых два крайних соответствуют включеному состоянию контактов, а среднее — выключеному. В среднее положение шток возвращается под действием возвратных пружин 12.

### 3.1.РАБОТА ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ПРИ ЗАПУСКЕ ДВИГАТЕЛЯ

**Электрический запуск двигателя** осуществляется в следующем порядке. После подготовки двигателя к запуску включают предохранительный выключатель запуска АЗС-20, переместив тумблер его в положение «запуск», после чего шток кнопки КС-3 вытягивают «на себя». При этом ток из аккумулятора (бортового или аэродромного) поступит в обмотку электромагнитного включателя ВМ-177; якорь включателя притягивается к сердечнику и замкнет неподвижные контакты включателя. С этого момента электродвигатель СА-189 начнет раскручивать маховик стартера.

Время раскрутки маховика стартера до 10000—12000 *об/мин* зависит от емкости аккумуляторов, температуры наружного воздуха и составляет в среднем 9—10 сек летом и 11—12 сек зимой.

О степени раскрутки маховика можно судить также по изменению тембра и силы звука, издаваемого вращающимся маховиком. По мере раскрутки маховика звук нарастает, тон его становится все более высоким. При оборотах маховика, близких к максимальным, звук становится равномерным и однотонным, что является признаком достаточной раскрутки маховика.

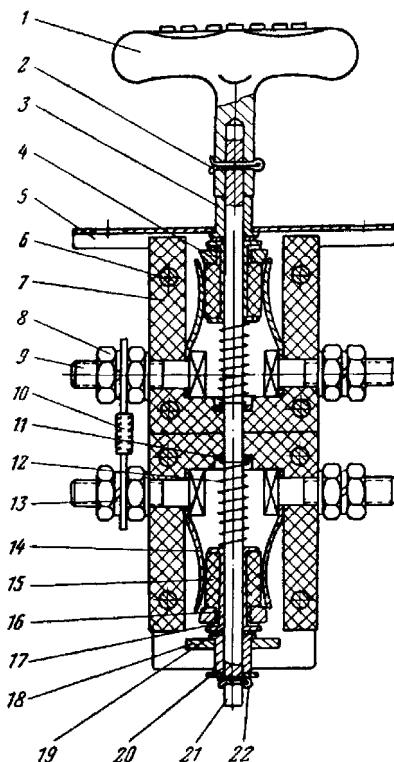


Рис. 13-8. Кнопка стартера КС-3

1 — ручка; 2, 22 — шплинты; 3, 16 — втулки; 4 — кольцо контактное; 5 — кожух; 6 — заклепка; 7 — колодка клеммовая; 8 — гайка; 9 — винт; 10 — пластина; 11 — шайба; 12 — пружина; 13 — пружинная шайба; 14 — контактная пластина; 15 — изоляционная втулка; 17 — шайба изоляционная; 18 — запорная пластина; 19, 20 — регулировочные шайбы; 21 — стержень.

После того как маховик раскручен достаточно, включают магнето и нажимают на шток кнопки КС-3 «от себя» до упора. При этом ток в обмотке выключателя исчезнет, якорь под действием пружины отойдет от сердечника и разомкнет неподвижные контакты. Цепь питания электродвигателя будет прервана, и он выключится.

Одновременно с этим при нажатии на шток кнопки включаются реле храповика и пусковая катушка. Якорь реле втягивается в корпус и через трос и механизмы включения и сцепления стартера сцепляет храповики стартера и вала привода агрегатов двигателя. В это время пусковая катушка подает ток высокого напряжения в распределитель правого магнито и через него на передние свечи цилиндров.

Если реле РА-176Д вышло из строя, то механизмы включения и сцепления стартера приводятся в действие вручную с помощью троса ручного включения храповика, конец которого со скобой выведен в кабину самолета. Как только двигатель запустился, шток кнопки КС-3 отпускают, выключая тем самым реле храповика и пусковую катушку. После этого надо выключить тумблер АЗС-20.

Для обеспечения продолжительной и надежной работы агрегатов системы запуска двигателя необходимо соблюдать следующие основные правила:

1. Прежде чем приступить к раскрутке маховика электродвигателем, следует убедиться, что храповики стартера и двигателя не сцеплены. Для этого в момент включения электродвигателя (при вытягивании штока кнопки КС-3 «на себя») надо следить за лопастями винта. Если будет заметно качание лопастей, немедленно отпустить шток и нажатием его «от себя» несколько раз подряд привести в действие механизм включения стартера. Этим обычно достигается расцепление храповика стартера и двигателя. Если это не помогает, необходимо провернуть винт на небольшой угол по ходу (при выключенном зажигании).

Раскручивать маховик при сцепленных храповиках стартера и двигателя ни в коем случае не разрешается, так как это приведет к перегреву обмотки электродвигателя СА-189 и к выходу его из строя.

2. Маховик можно раскручивать электродвигателем не более четырех раз подряд с интервалами не менее 15—20 сек. В противном случае электродвигатель может выйти из строя из-за перегрева обмотки. После четырех попыток запуска следует сделать перерыв на 30 мин для охлаждения. Лишь затем можно снова продолжать запуск двигателя.

3. Перед каждой попыткой повторного запуска необходимо провернуть винт по ходу (при выключенном зажигании). Чтобы расцепить храповики стартера и двигателя, если они окажутся сцепленными.

4. Напряжение аккумуляторов перед включением электродвигателя должно быть не менее 17 в. При

меньшем напряжении раскрутить маховик до 10000—12000 об/мин и запустить двигатель будет невозможно.

**Ручной запуск двигателя.** Маховик стартера раскручивается вручную в случае выхода из строя электродвигателя, а также в полевых условиях при отсутствии запаса электроэнергии в бортовых источниках самолета. При ручном запуске необходимо вставить рукоятку во втулку\* ручного запуска и вращать ее по ходу часовой стрелки, постепенно увеличивая скорость до 70—80 об/мин, что соответствует 10000—12000 об/мин маховика. Затем вынуть ручку из втулки, включить магнето, тумблер АЗС-20 и нажать «от себя» шток кнопки КС-3 для включения реле и пусковой катушки.

Если нет электроэнергии, необходимой для работы реле храповика и пусковой катушки, то после раскрутки маховика необходимо лишь включить магнето, а храповики стартера и двигателя сцепить тросом ручного включения храповика.

С конца 1969 г. завод выпускает стартеры без механизма ручного запуска. Этому стартеру присвоен индекс РИМ-24А. Стартеры РИМ-У-24 ИР и РИМ-24А полностью взаимозаменяемы.

#### **4.НЕИСПРАВНОСТИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ЧАСТИ СТАРТЕРА, ИХ ПРИЗНАКИ И МЕРЫ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ**

Наиболее характерные неисправности механической части стартера следующие.

##### **1. Нарушение регулировки фрикционной муфты—пробуксовывание ее при величине крутящего момента меньше установленной нормы.**

Признаки неисправности:

- при раскрутке коленчатого вала с помощью стартера (маховик раскручен полностью; двигатель подготовлен к запуску в соответствии с инструкцией по техническому обслуживанию) воздушный винт делает менее трех оборотов;
- специфический скрип, издаваемый пробуксовывающими дисками муфты при сцеплении храповиков стартера и вала двигателя. Причинами неисправности могут быть:
  - износ дисков фрикционной муфты;
  - уменьшение упругости спиральных пружин муфты;
  - попадание масла из двигателя в стартер;
  - износ маслоуплотнительной манжеты храповика стартера.

Для предупреждения неисправности необходимо:

- не делать без перерыва многократных попыток запуска двигателя стартером. Многократные попытки запуска приводят к перегреву и повышенному износу дисков;
- перед запуском в зимнее время подогревать двигатель наземными средствами подогрева, так как при запуске холодного двигателя резко увеличивается крутящий момент, необходимый для страгивания с места и проворачивания коленчатого вала, в результате чего происходит интенсивное пробуксовывание и износ дисков муфты;
- при установке стартера на двигателе и в процессе эксплуатации следить, чтобы трос реле храповика имел продольный люфт 0,8—1,0 мм.

При нарушении регулировки фрикционной муфты по любой причине стартер необходимо заменить,

##### **2. Смятие или срез зубьев храповика стартера.** Неисправность определяется по плохому сцеплению храповика стартера с храповиком двигателя. При сцеплении храповик стартера «проскальзывает» относительно храповика двигателя. Причина — слишком большой продольный люфт троса реле храповика. В результате при включении реле в сцепление с храповиком двигателя входят лишь передние части зубьев храповика стартера, которые снимаются или скальваются от чрезмерно больших удельных давлений.

Чтобы устранить неисправность, необходимо снять стартер с двигателя и заменить храповик. При этом следует помнить, что гайка крепления его на штоке механизма включения имеет левую резьбу.

Для предупреждения неисправности необходимо систематически следить за правильностью регулировки троса реле храповика РА-176Д.

##### **3. Пробуксовывание роликов автоматической муфты сцепления электродвигателя СА-189 во фланце маховика.** Неисправность определяется по запаздыванию сцепления вала электродвигателя с маховиком после включения СА-189. Сцепление происходит рывками и сопровождается характерным скрежетом. Причинами неисправности могут быть:

- износ фланца маховика по внутреннему диаметру;
- износ или смятие выступов звездочки муфты;
- попадание масла в муфту и на фланец маховика.

В процессе эксплуатации стартера, кроме перечисленных неисправностей иногда встречаются случаи разрушения деталей редуктора и механизма включения. В этих случаях стартер подлежит замене.

Во всех случаях, когда при раскрутке маховика стартера наблюдается ненормальный шум или стук в механизме стартера, раскрутку необходимо немедленно прекратить и стартер заменить.

\* Втулка ручного запуска расположена в грузовой кабине на шпангоуте №5 по правому борту. В нерабочем положении рукоятка закреплена на шпангоуте №5 в специальном гнезде.

## Глава 14. ВОЗДУШНЫЙ ВИНТ АВ-2 И РЕГУЛЯТОР ОБОРОТОВ Р-9СМ2

### 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ВОЗДУШНЫХ ВИНТАХ И РЕГУЛЯТОРАХ ОБОРОТОВ

#### 1.1. НАЗНАЧЕНИЕ, СОСТАВ ВОЗДУШНОГО ВИНТА

Поршневой двигатель внутреннего сгорания вырабатывает механическую энергию, обеспечивая вращение вала. Но сам по себе двигатель не имеет взаимодействия с окружающей средой и не может относительно ее перемещаться.

Для использования поршневого двигателя на транспортных средствах он должен работать совместно с движителем — устройством, которое приводится в действие двигателем и, механически взаимодействуя с окружающей средой, перемещается относительно нее, увлекая за собой двигатель и летательный аппарат, на котором он установлен. Таким движителем на самолете является воздушный винт.

Из выше сказанного можно сделать вывод: воздушный винт силовой установки самолета предназначен для создания силы тяги, т.е. является движителем, преобразующим крутящий момент на валу двигателя в силу, перемещающую самолет относительно воздушной среды.

Основными элементами конструкции воздушного винта (далее в/винт) являются лопасти и втулка (рис. 14-1). Лопасти крепятся к втулке, которая устанавливается на вал в/винта, связанный через редуктор с коленчатым валом двигателя. Лопасти в сечении имеют аэродинамический профиль, аналогичный профилю крыла самолета.

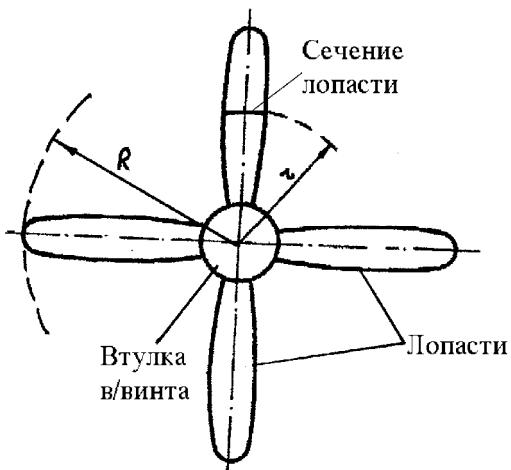


Рис. 14-1. Воздушный винт.

#### 1.2. ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВОЗДУШНОГО ВИНТА

Основным рабочим элементом воздушного винта является лопасть. Винт может иметь от двух до восьми лопастей. Форма лопасти в плане может быть прямоугольной, саблевидной, веслообразной (рис. 14-2).

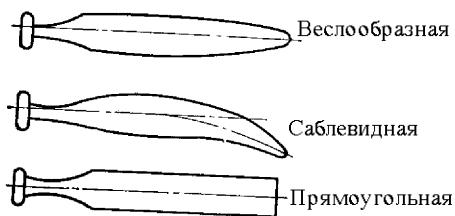


Рис. 14-2. Формы лопасти воздушного винта в плане.

У воздушных винтов выделяют следующие геометрические характеристики:

— диаметр винта  $D$  — диаметр окружности, описываемой концами лопасти. У самолетных винтов диаметр составляет 2...6 м. При необходимости вместо диаметра в/винта используют его радиус  $R=D/2$  (рис. 1);

— сечение лопасти на некотором расстоянии  $r$  от оси — это сечение цилиндрической поверхностью, продольная ось которой совпадает с осью винта (рис. 1). Положение сечения лопасти определяется

$$\text{относительным радиусом } \bar{r} = \frac{r}{R};$$

— плоскость вращения — плоскость перпендикулярная оси вращения винта и проходящая через середину хорды профиля (рис.14-3);

— ширина лопасти  $b$ —длина хорды сечения лопасти (рис.3), по длине лопасти ширина может изменяться (см. рис.14-2);

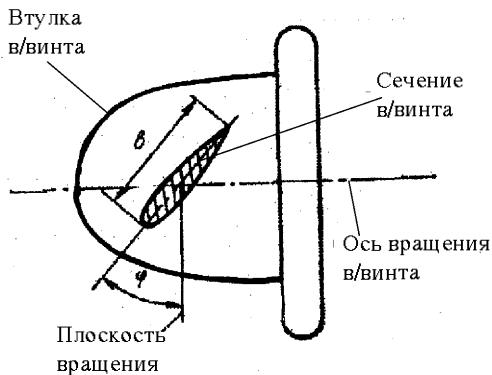


Рис.14-3.Определение ширины и угла установки сечения лопасти воздушного винта

— угол установки сечения лопасти  $\varphi$  — угол, образованный хордой сечения с плоскостью вращения (рис.14-3).

У существующих в/винтов углы установки в различных сечениях по длине лопасти не одинаковы, т.е. лопасти в/винта имеют геометрическую крутку. Поэтому для оценки угла установки лопасти в целом на ней выбирается определенное сечение и угол установки этого сечения называется углом установки всей лопасти. Для большинства винтов такое сечение расположено на расстоянии  $r = 0,75$  от оси вращения винта и называется контрольным\*.

— шаг винта  $H$  — расстояние, которое пройдет контрольное сечение в/винта в осевом направлении за один оборот, ввинчиваясь в воздух как в твердую среду (как болт в гайку) (рис.14-4 ).

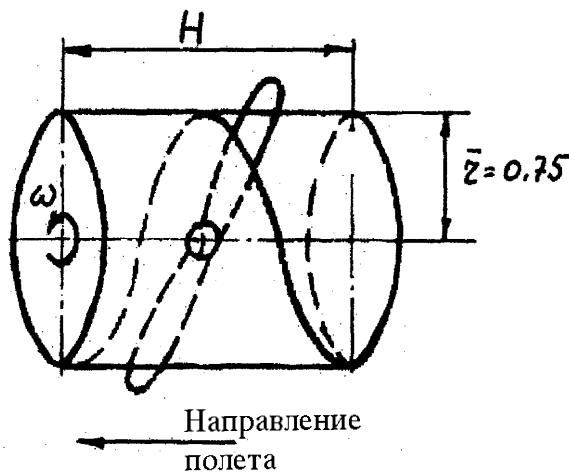


Рис.14-4.Движение контрольного сечения в/винта при его ввинчивании в воздух как в твердую среду.  $H$ - шаг в/винта

Нетрудно заметить, что шаг в/винта может быть определен из формулы:  $H = 2\pi \cdot 0,75R \cdot \operatorname{tg}\varphi_k$ .

Где:  $\varphi_k$  — угол установки лопастей в/винта (угол установки контрольных сечений лопастей в/винта).

Поэтому величины шага винта и угла установки его лопастей взаимосвязаны: чем больше угол установки лопастей, тем больше шаг в/винта и наоборот.

### 1.3. ОСНОВЫ АЭРОДИНАМИКИ ВОЗДУШНОГО ВИНТА

При вращении в/винта с угловой скоростью  $\omega$  лопасти перемещаются в воздушной среде и в каждом сечении лопасти, как и на крыле самолета, возникает аэродинамическая сила. Выделим на радиусе  $r$  элемент лопасти с малой площадью  $\Delta S$  (рис.14-5) и рассмотрим его обтекание потоком воздуха.

\*Для в/винта АВ-2, установленного на самолете Ан-2, угол установки всей лопасти определяется по углу установки сечения, расположенного на радиусе  $r = 1$  м.

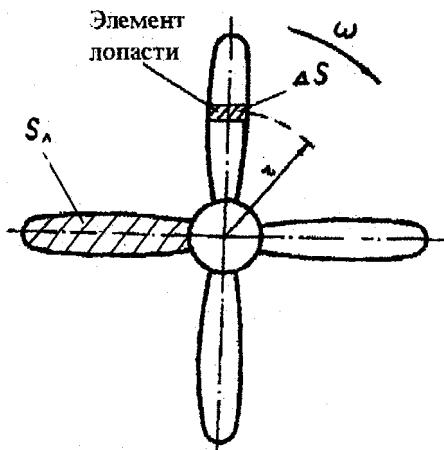


Рис.14-5. Воздушный винт с выделенным элементом лопасти

Выделенный элемент лопасти будет перемещаться вместе с самолетом с поступательной скоростью  $V$ . Кроме того, он будет вращаться вместе с лопастью с угловой скоростью  $\omega^*$  и, следовательно, будет иметь окружную скорость  $U = \omega \cdot r$ . Результирующая (истинная) скорость  $W$  обтекания элемента лопасти будет равна векторной сумме скоростей  $U$  и  $V$  (см. рис.14-6):  $\overline{W} = \overline{U} + \overline{V}$ .

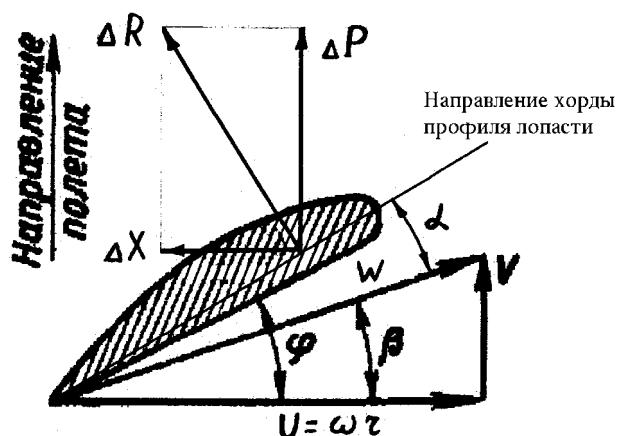


Рис.14-6. Треугольник скоростей и аэродинамические силы, действующие на элемент лопасти:  
 $U$  — окружная скорость;  $V$  — поступательная скорость (скорость полета);  
 $W$  — результирующая (истинная) скорость обтекания элемента лопасти  
 $\alpha$  — угол атаки;  $\varphi$  — угол установки

На выделенный элемент лопасти будет действовать элементарная аэродинамическая сила  $\Delta R$ , осевая составляющая которой  $\Delta P$  является силой тяги элемента лопасти, а составляющая в плоскости вращения  $\Delta X$  — силой сопротивления вращению элемента лопасти.

\*Угловая скорость вращения  $\omega$  имеет размерность «радиан/секунда», что затрудняет её практическое использование. Применительно к в/винтам вместо угловой скорости вращения, как правило, используют частоту вращения  $n$  с размерностью «оборот/минута». (Часто вместо термина «частота вращения» применяют термин «обороты»). Величины  $\omega$  и  $n$  связаны между собой соотношением:  $\omega = \frac{\pi}{30} \cdot n$ .

Кроме того на практике вместо частоты вращения (оборотов) воздушного винта  $n$  удобно использовать частоту вращения (обороты) коленвала двигателя  $n_{\text{кв}}$ . Эти величины связаны между собой соотношением:  $n = n_{\text{кв}} \cdot i$ .

где:  $i$  — степень редукции редуктора двигателя.

Составляющие аэродинамической силы  $\Delta R$  по аналогии с крылом можно представить выражениями:

$$\Delta P = C_p \Delta S \frac{\rho \cdot W^2}{2};$$

$$\Delta X = C_x \Delta S \frac{\rho \cdot W^2}{2};$$

где:  $C_p$  и  $C_x$  — соответственно коэффициенты тяги и сопротивления вращению, зависящие, при прочих равных условиях, от угла атаки  $\alpha$ ;

$\Delta S$  — проекция площади элемента лопасти на плоскость хорд (см. рис.14-5);

$\rho$  — плотность воздуха.

Как известно из аэrodинамики, величины  $C_p$  и  $C_x$  при изменении угла атаки  $\alpha$  изменяются. Причем, существует такой угол атаки, при котором отношение  $\frac{C_p}{C_x}$  имеет наибольшее значение. Этот угол атаки называется наивыгоднейшим ( $\alpha_{\text{нв}}$ ). При  $\alpha = \alpha_{\text{нв}}$  обеспечивается наивыгоднейшее соотношение между силой тяги и силой сопротивления вращению. Для существующих профилей величина  $\alpha_{\text{нв}}$  равна  $4\dots 6^\circ$ .

Суммарная сила тяги и сила сопротивления вращению лопасти в/винта может быть определена как сумма элементарных сил, действующих на все элементы лопасти:

$$P_{\text{л}} = \sum \Delta P_i = C_p \frac{\rho \cdot W^2}{2} \cdot S_{\text{л}};$$

$$X_{\text{л}} = \sum \Delta X_i = C_x \frac{\rho \cdot W^2}{2} \cdot S_{\text{л}};$$

где:  $P_{\text{л}}$  — сила тяги лопасти;

$X_{\text{л}}$  — сила сопротивления вращению лопасти;

$S_{\text{л}}$  — площадь лопасти винта (см. рис.14-5).

#### 1.4. КОЭФФИЦИЕНТ ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ ВОЗДУШНОГО ВИНТА

Эффективная мощность  $N_e$  авиационного двигателя полностью затрачивается на вращение воздушного винта. При этом возникают аэродинамические силы: сила тяги  $P$  и сила сопротивления вращению в/винта  $X$  (см. выше). Из этого можно сделать вывод, что одна часть эффективной мощности расходуется на создание силы тяги и, следовательно, на перемещение летательного аппарата, вторая — на преодоление сил сопротивления. Оценка эффективности воздушного винта как движителя осуществляется по величине его коэффициента полезного действия (КПД). КПД показывает, какая часть подведенной к воздушному винту мощности затрачивается на перемещение летательного аппарата.

Мощность, затрачиваемая на перемещение летательного аппарата, называется полезной (тяговой) мощностью. Мощность, подведенная к валу воздушного винта — эффективная мощность двигателя. С учетом этого КПД может быть рассчитан по формуле:

$$\eta = \frac{N_p}{N_e} = \frac{P \cdot V}{M_{kp} \cdot \omega};$$

Где:

$\eta$  — коэффициент полезного действия воздушного винта;

$N_p$  — полезная (тяговая) мощность;

$N_e$  — эффективная мощность двигателя;

$P$  — сила тяги в/винта;

$M_{kp}$  — крутящий момент на валу винта;

$\omega$  — угловая скорость вращения вала винта.

#### 1.5. ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПОВЫШЕНИЯ КПД В/ВИНТА

Для достижения наибольших значений КПД необходимо чтобы лопасти в/винта во всех сечениях и при всех скоростях полета обтекались с углами атаки равными наивыгоднейшему ( $\alpha = \alpha_{\text{нв}}$ ).

Рассмотрим, как обеспечивается условие  $\alpha = \alpha_{\text{нв}}$  с изменением радиуса  $r$  при  $V = \text{const}$  и  $\omega = \text{const}$ .

Так как с изменением радиуса  $r$  будет изменяться величина окружной скорости ( $U = \omega \cdot r$ ), то для сохранения  $\alpha = \alpha_{\text{нв}} = \text{const}$  необходимо изменять углы установки лопастей (см.рис.14-6). Причем, с увеличением радиуса, на котором расположено сечение, угол установки профиля в этом сечении должен

уменьшаться. Поэтому можно сделать вывод: лопасти в/винтов имеют переменные углы установки сечений по радиусу, т.е. имеют геометрическую крутку.

Рассмотрим, как обеспечивается условие  $\alpha = \alpha_{\text{нв}}$  с изменением скорости полета при  $\omega = \text{const}$ .

При изменении скорости полета  $V$  (см. рис.14-6) для сохранения  $\alpha = \alpha_{\text{нв}} = \text{const}$  необходимо изменять углы установки сечений лопасти. Причем, т.к. изменение скорости полета в равной степени влияет на все сечения лопасти, то и углы  $\phi$  необходимо одновременно изменять по всей длине лопасти. Следовательно, лопасти должны иметь возможность поворачиваться относительно оси, расположенной вдоль лопасти. Например, при увеличении скорости полета лопасти должны повернуться в сторону больших углов установки, при уменьшении – в сторону меньших.

Т.к. углы установки лопастей непосредственно связаны с шагом винта, то принято говорить, что шаг в/винта при увеличении скорости полета увеличивается, при уменьшении – уменьшается. В/винты, имеющие такие лопасти, называются винтами изменяемого шага (ВИШ)\*. Поэтому в состав в/винта входит механизм изменения его шага, который обеспечивает принудительный поворот лопастей относительно их продольных осей.

Из анализа треугольника скоростей (см. рис.14-6) можно предположить, что и угловая скорость вращения в/винта  $\omega$  будет оказывать влияние на величину угла атаки. Однако у существующих двигателей частота вращения коленвала, а значит и частота вращения в/винта, изменяются в очень узком диапазоне (т.е.  $\omega = \text{const}$ )\*\*. При выполнении этого условия двигатель эксплуатируется на частотах вращения, выгодных с точки зрения уменьшения расхода топлива и износа деталей. Поэтому в/винты работают совместно с регуляторами постоянных оборотов (РПО), поддерживающими неизменную частоту вращения в/винта. Поддержание частоты вращения в/винта осуществляется путем изменения углов установки лопастей. Например, если  $\omega$  возрастает РПО подает команду на увеличение  $\phi$  вследствие этого сила сопротивления вращению в/винта возрастает и  $\omega$  снижается до заданной величины.

Т.к при увеличении углов установки лопастей сила сопротивления вращению возрастает, то принято говорить что винт «затягивается»; при уменьшении  $\phi$  — винт «облегчается».

Из вышесказанного можно сделать вывод, что максимальные значения КПД и оптимальные условия для работы двигателя достигаются если:

—лопасти имеют геометрическую крутку, причем угол установки корневых сечений больше чем концевых;

—лопасти в/винта имеют возможность изменять свой угол установки (т.е. применен ВИШ);

—в/винт работает с постоянной угловой скоростью вращения.

Максимальное значение КПД у лучших современных винтов не превышает 0,85 — 0,9. В полете на невыгодных режимах КПД винта может снизиться до 0,5 и ниже. Для самолета Ан-2 при скорости полета  $V=225 \text{ км/ч}$  при тяге  $P=985 \text{ кгс}$   $\eta=0,77$ .

## 1.6.СИЛЫ, ДЕЙСТВУЮЩИЕ НА ЛОПАСТЬ ВОЗДУШНОГО ВИНТА

### 1.6.1.АЭРОДИНАМИЧЕСКИЕ СИЛЫ

Как было уже рассмотрено выше на лопасть в/винта действуют аэродинамические силы: сила тяги и сила сопротивления вращению. Кроме того, созданием геометрической крутки лопастей и применением ВИШ обеспечиваются равные (и наивыгоднейшие) углы атаки во всех сечениях в/винта. Отсюда можно сделать вывод: если углы атаки во всех сечениях лопастей одинаковы, значит будут одинаковы и коэффициенты  $C_p$  и  $C_x$ . Значит величины элементарных сил  $\Delta P$  и  $\Delta X$  (при неизменных внешних условиях т.е.  $\rho=\text{const}$ ) будут зависеть только от величины скорости  $W$ . Так как истинная скорость обтекания с увеличением радиуса  $r$  возрастает, то будут возрастать величины  $\Delta P$  и  $\Delta X$  (рис.14-7а,б).

Как видно из рисунка 14-7, аэродинамические силы, действующие на лопасть нагружают ее изгибающим моментом.

$$\bar{P}_l + \bar{X}_l = \bar{R}_l$$

\* Кроме винтов изменяемого шага (ВИШ) существуют винты фиксированного шага (ВФШ), лопасти у которых жестко закреплены на втулке. Зачастую лопасти и втулка ВФШ выполнены одной деталью. Такие винты могут быть оптимизированы только при полете на одной скорости и одной частоте вращения в/винта. По этой причине они не нашли широкого применения на современных самолетах. Ограниченно ВФШ применяются на самолетах малой авиации.

\*\* Строго говоря, величина  $\omega$ , а значит и  $n_{\text{кв}}$ , могут несколько изменяться в зависимости от высоты и скорости полета. Величину  $n_{\text{кв}}$  летчик устанавливает вручную, руководствуясь специальными таблицами. При этом, для каждой конкретной высоты и скорости полета  $\omega = \text{const}$  и, следовательно,  $n_{\text{кв}} = \text{const}$ . Для самолета Ан-2 частота вращения коленвала двигателя в зависимости от высоты и скорости полета приведена в приложении 1.

Сложив силы  $R_l$  и  $X_l$  получим полную аэродинамическую силу  $R_a$ , действующую на лопасть (см. рис.14-8):

Полная аэродинамическая сила, действующая на лопасть, приложена в точке, которая называется центром давления. Центр давления у существующих лопастей расположен перед осью поворота лопасти (рис.14-8). Поэтому сила  $R_a$  на плече  $h$  будет создавать момент  $M_R$ , который будет стремиться повернуть лопасть в сторону увеличения угла установки.

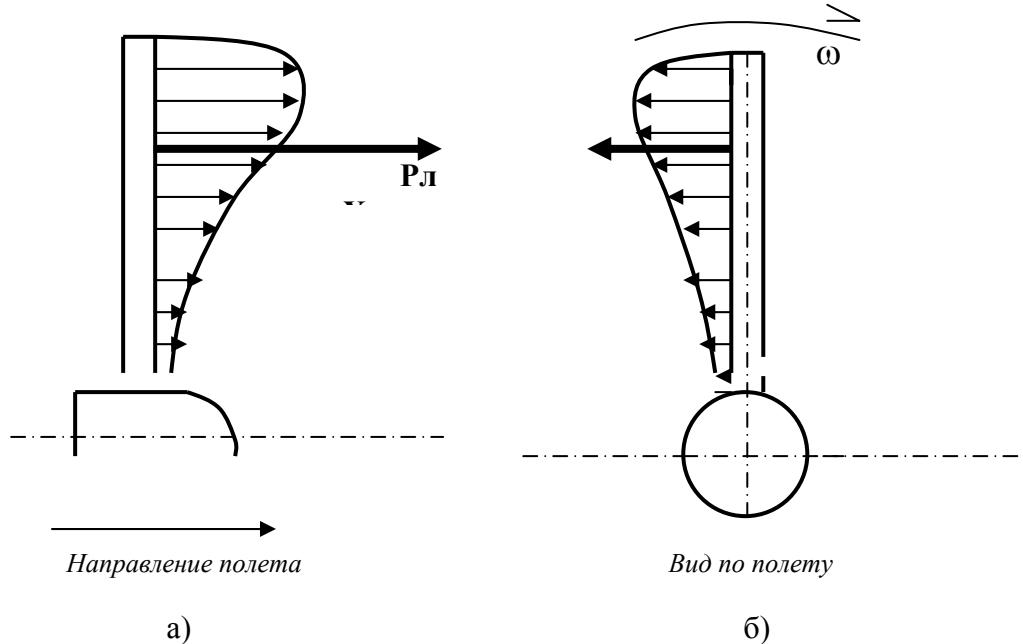


Рис.14-7. Распределение элементарных сил тяги (а) и элементарных сил сопротивления вращению по длине лопасти в/винта.  
 $R_l$ - сила тяги лопасти;  $X_l$ - сила сопротивления вращению лопасти

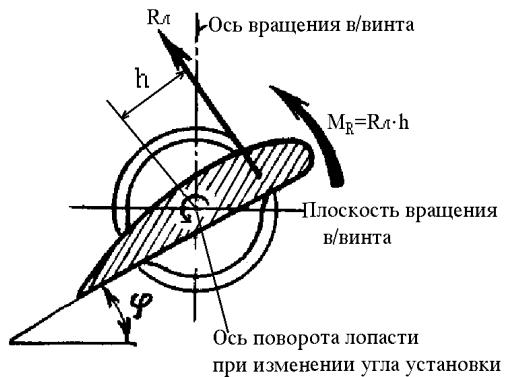


Рис.14-8. Характер действия аэродинамических сил на лопасть воздушного винта

#### 1.6.2. ЦЕНТРОБЕЖНЫЕ СИЛЫ

На лопасть, как и на всякое вращающееся тело, будет действовать центробежные силы. Центробежные силы направлены по радиусу от оси вращения. Под воздействием центробежных сил лопасть работает на растяжение. Результирующая центробежная сила приложена в центре массы лопасти.

Лопасть, как вращающееся тело, имеет определенные размеры, поэтому различные участки лопасти по-разному расположены относительно оси ее вращения. Следовательно, центробежные силы, действующие на разные участки лопасти, будут отличаться как по величине, так и по направлению. Выделим в сечении лопасти два участка, расположенные на носке и хвостике профиля, удаленных от оси вращения на расстояние соответственно  $r_1$  и  $r_2$  (см. рис.9). На эти участки лопасти будут действовать центробежные силы  $P_{C1}$  и  $P_{C2}$ . Каждую из этих сил можно заменить двумя силами: продольной силой  $Q$ , направленной

параллельно оси поворота лопасти, и поперечной силой  $T$ , направленной перпендикулярно оси поворота лопасти.

Из рисунка 9 видно, что силы  $T_1$  и  $T_2$  создают момент ( $M_{\text{л}} = M_{\text{л}1} + M_{\text{л}2}$ ), который стремится повернуть лопасть в сторону уменьшения угла установки. Величина момента  $M_{\text{л}}$  зависит от геометрической формы лопасти, ее веса, угловой скорости вращения в/винта и от угла установки лопасти  $\varphi$ . Момент  $M_{\text{л}}$  равен нулю при  $\varphi=0^\circ$  и  $\varphi=90^\circ$ . Максимум его соответствует  $\varphi=35^\circ$ .

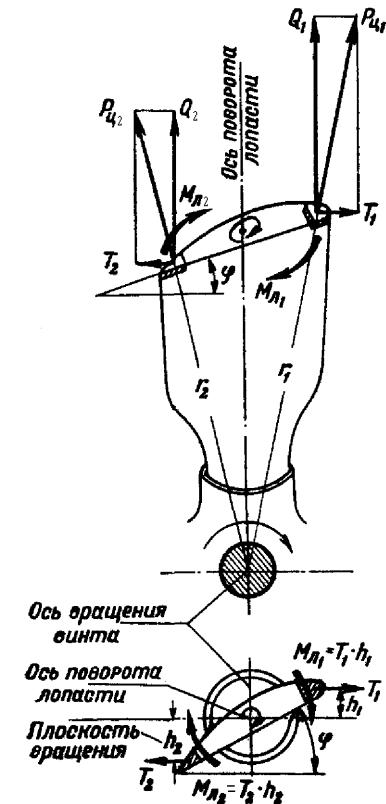


Рис. 14-9. Характер действия центробежных сил на различные участки сечения лопасти

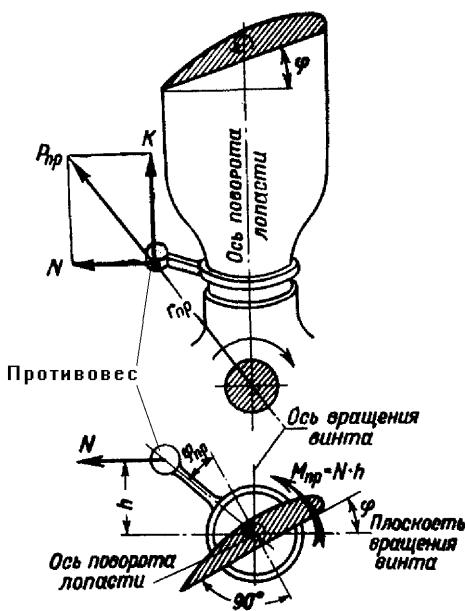


Рис.14-10. Характер действия на лопасть в/винта центробежных сил противовеса

Для разгрузки лопасти винта от действующего на нее момента  $M_{\text{л}}$  на комле лопасти закрепляют противовес. Конструктивно противовес выполнен как груз, установленный на кронштейне (см. рис.14-10). Центробежные силы, действующие на противовес, создают момент  $M_{\text{пр}}$  противоположный по направлению

Мл и стремящийся увеличить углы установки  $\varphi$ . Применение противовеса позволяет снизить нагрузки, действующие на детали механизма изменения шага в/винта.

#### 1.6.3.СУММАРНОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ЛОПАСТИ В/ВИНТА АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ И ЦЕНТРОБЕЖНЫХ СИЛ

Как было показано выше, силы, действующие на лопасть в/винта создают моменты, стремящиеся изменить угол установки  $\varphi$ :

- $M_R$  направлен на увеличение  $\varphi$ ;
- $M_l$  направлен на уменьшение  $\varphi$ ;
- $M_{pr}$  направлен на увеличение  $\varphi$ .

Кроме того, момент на изменение  $\varphi$  создает механизм изменения шага в/винта.

Нетрудно заметить, что при выполнении условия:  $M_l = M_R + M_{pr}$  и при отсутствии момента со стороны механизма изменения шага винта, угол установки  $\varphi$  будет оставаться неизменным. В этом случае даже при отказе механизма лопасти будут работать с положительным углом атаки, создавая силу тяги. У существующих винтов масса и расположение противовесов выбраны так, чтобы при отказе механизма изменения шага винта в/винт обеспечивал бы полет самолета и двигатель работал бы на крейсерском режиме.

Например, у в/винта самолета Ан-2 при отказе механизма изменения шага винта лопасти самостоятельно устанавливаются на такие углы, при которых частота вращения коленвала двигателя равна 1700-1900 об/мин, что позволяет продолжать полет самолета.

## 2.ВОЗДУШНЫЙ ВИНТ АВ-2

### 2.1.ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ВОЗДУШНОМ ВИНТЕ АВ-2

Воздушный четырехлопастной винт АВ-2 предназначен для работы с двигателем АШ-62ИР на самолете АН-2.

Воздушный винт АВ-2, работая совместно с регулятором постоянных оборотов (РПО) Р-9СМ2, автоматически поддерживает заданное постоянное число оборотов двигателя за счет изменения углов установки лопастей воздушного винта при любых условиях работы силовой установки.

Гидравлический механизм изменения шага винта работает по схеме двойного действия. Перевод лопастей в сторону большого шага происходит под действием давления масла, подаваемого в цилиндр винта от насоса регулятора оборотов и центробежных сил противовесов, установленных на стаканах лопастей.

Перевод лопастей в сторону малого шага производится под действием давления масла и поперечных составляющих центробежных сил лопастей.

Изменение шага винта осуществляется автоматически РПО, при этом поддерживаются постоянные обороты в/винта в пределах рабочего диапазона. Летчик может при помощи сектора шага винта, расположенного на центральном пульте в кабине пилотов, в зависимости от высоты и скорости полета задавать требуемые обороты в/винта. Для уменьшения шага винта сектор переводится «от себя», для увеличения — «на себя» (см. приложение 3).

### Основные технические данные винта

Принцип работы .....	гидроцентробежный
Схема работы .....	двусторонняя
Число лопастей .....	4
Материал лопастей .....	алюминиевый сплав Д-1
Минимальный угол установки лопастей на радиусе 1 м , град .....	17
Максимальный угол установки лопастей на радиусе 1 м , град .....	32
Диапазон поворота лопастей, град .....	15
Угол установки противовеса, град .....	$30 \pm 1$
Регулятор оборотов .....	Р-9СМ2
Диаметр винта, м .....	3,6
Вес винта, кгс .....	192

### 2.2. КОНСТРУКЦИЯ ВОЗДУШНОГО ВИНТА АВ-2 \*

Воздушный винт АВ-2 состоит из следующих узлов и деталей: узла корпуса; узла противовеса; деталей, составляющих цилиндровую группу; лопастей; деталей для установки винта на вал редуктора двигателя; отеплителя винта.

Узел корпуса (рис.14-12) служит для закрепления всех узлов и деталей винта, а также для установки и крепления винта на носок вала редуктора двигателя.

Узел корпуса винта состоит из стального неразъемного корпуса 20 (рис.14-13), четырех стальных стаканов 7 для установки лопастей, четырех узлов противовесов и четырех узлов натяга стакана в корпусе

\* В данном пособии будет рассмотрен воздушный винт АВ-2 серии 02

винта.

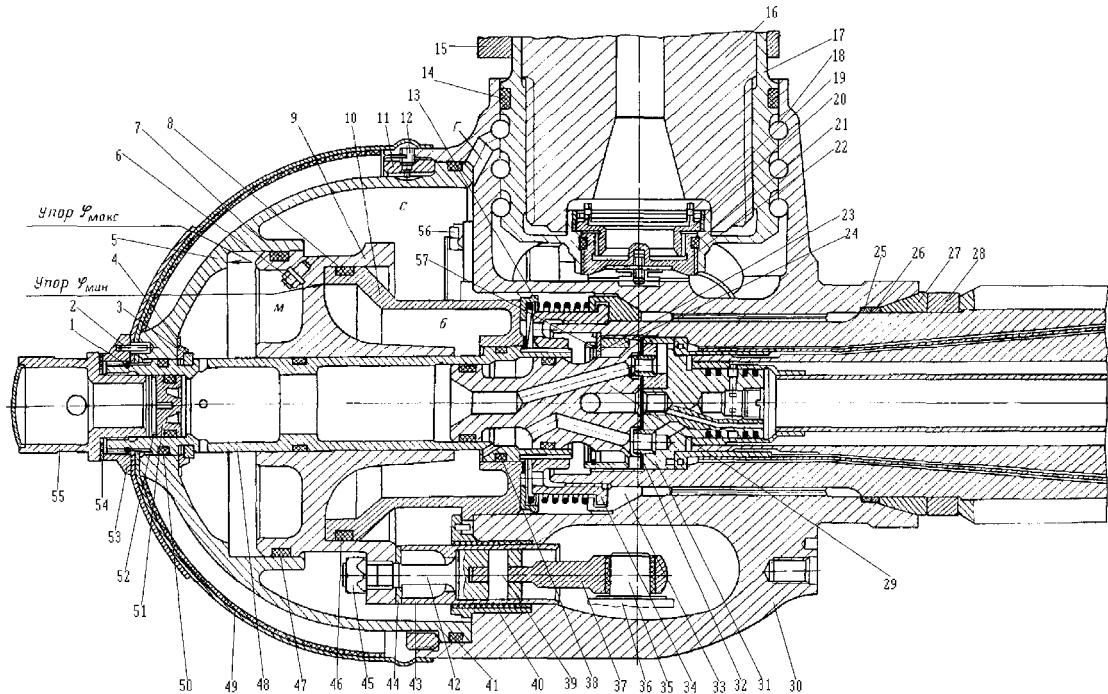


Рис.14-11. воздушный винт AB-2:

1 — кольцо стопорное; 2 — штифт; 3 — кольцо упора; 4 — кольцо разрезное; 5 — цилиндр; 6 — жиклер; 7,8 — кольцо уплотнительное; 9 — поршень; 10 — диафрагма; 11— гайка цилиндра; 12 — винт контровочный; 13 — шайба опорная; 14 — кольцо уплотнительное; 15 — противовес; 16 — лопасть; 17 — стакан; 18 — шарик; 19 — кольцо стопорное; 20 — муфта контровочная; 21 — кольцо уплотнительное; 22 — гайка стакана; 23 — пластина контровочная; 24 — гайка штуцера; 25 — кольцо уплотнительное; 26 — кольцо; 27 — конус задний; 28 — кольцо заднего конуса; 29 — штуцер; 30 — корпус; 31 — маслопереходник; 32 — прокладка; 33 — конус передний; 34 — гайка переднего конуса; 35 — палец; 36 — стакан; 37 — шатун; 38 — кольцо уплотнительное; 39 — палец шарнирный; 40 — втулка направляющая; 41 — кольцо уплотнительное ; 42 — шток; 43 — втулка штока; 44 — шайба; 45 — гайка; 46, 47 — кольцо уплотнительное; 48 — труба маслопровода; 49 — отеплитель; 50 — кольцо уплотнительное; 51— заглушка трубы маслопровода; 52 — кольцо стопорное; 53 — втулка контровочная; 54 — пластина контровочная; 55 — гайка; 56 — болт; 57 — кольцо стопорное

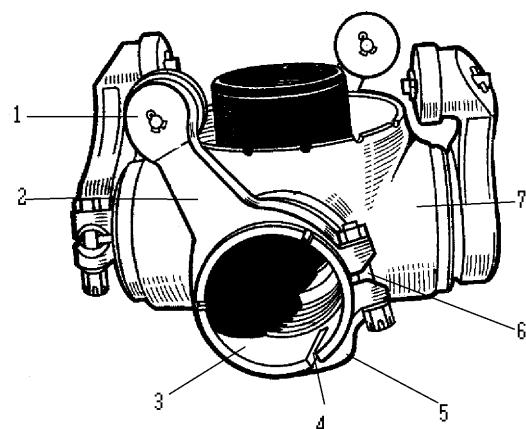


Рис.14-12. Узел корпуса втулки винта (в собранном виде):

1 — груз противовеса; 2 — кронштейн противовеса; 3 — стакан; 4 — прорезь; 5 — хомут противовеса; 6 — болт с гайкой; 7— корпус;

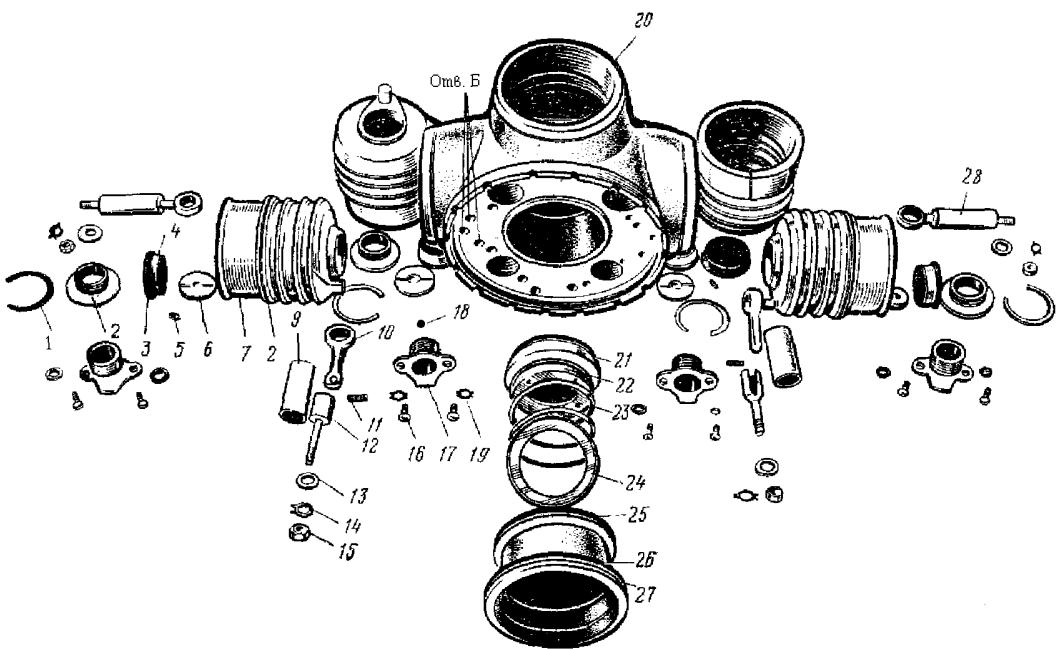


Рис.14-13. Узел корпуса втулки винта (в разобранном виде):

1 — кольцо стопорное; 2 — муфта контровочная; 3 — кольцо уплотнительное; 4 — гайка стакана; 5 — фиксатор пяты; 6 — пята; 7 — стакан; 8 — кольцо уплотнительное; 9 — втулка штока; 10 — шатун; 11 — палец шарнирный; 12 — шток; 13,14 — шайба; 15 — гайка; 16 — болт; 17 — втулка направляющая; 18 — шарик; 19 — шайба контровочная; 20 — корпус; 21 — конус передний; 22 — гайка переднего конуса; 23 — пружина гайки конуса; 24 — шайба опорная; 25 — диафрагма; 26 — шайба защитная 27 — кольцо уплотнительное; 28 — шатун со штоком в сборе

Для установки винта на носок вала редуктора двигателя в корпусе винта имеются шлицы, а для его центрирования в корпусе имеются два конусных гнезда под передний и задний конусы.

На задней стороне корпуса (выступающей цилиндрической поверхности хвостовика) имеется сферическое углубление радиусом 3 мм и глубиной 2 мм, которое определяет положение срезанного шлица в ступице корпуса, что необходимо при установке винта на вал редуктора двигателя.

Для закрепления лопастей в корпусе винта имеется четыре лопастных гнезда (рукава), в которых установлены стальные стаканы 7. Каждый стакан устанавливается в рукаве корпуса на трех рядах шариков диаметром 10,319 мм, для чего на внутренней поверхности рукава корпуса и на наружной поверхности стального стакана имеются по три канавки, образующие соответственно наружные и внутренние обоймы трехрядных подшипников. В каждом ряду такого подшипника укладывается по 44 шарика. В передней части корпуса имеются отверстия Б (см. рис.14-13)\*, через которые засыпаются шарики в каждую канавку.

После засыпки шариков стакан 7 поднимается в сторону торца рукава корпуса при помощи деталей, натягивающих стакан в рукаве корпуса, к которым относятся: гайка 4, муфта контровочная 2, пята 6 и фиксатор пяты 5.

Натяг стакана 7 в рукаве корпуса осуществляется путем завертывания гайки 4 в стакане, которая, опираясь на сферическую поверхность пяты, создает натяг в трехрядном шарикоподшипнике.

После подбора натяга гайка стакана стопорится контровочной муфтой 2, которая своими шлицами входит в шлицы гайки и стакана. От выпадания контровочная муфта контрится стопорным кольцом 1. Фиксатор 5 пяты фиксирует пяту относительно гайки стакана.

В передней части корпуса имеется кольцевой выступ с правой резьбой на внутренней поверхности для ввертывания гайки крепления цилиндра в корпус винта (см. рис.14-11 поз. 11) и 15 пазов, в один из которых входит винт 12, фиксирующий гайку цилиндра от отворачивания. В передней части корпуса имеются также четыре отверстия, предназначенные для установки направляющих втулок штока (см. рис.14-13 поз. 9).

Стакан 7 (см. рис.14-13) изготовлен из легированной стали и является промежуточной деталью между лопастью и стальным корпусом винта.

На внутренней поверхности каждого стакана нарезана специальная упорная резьба для завертывания в него лопасти. На наружной поверхности стакана, кроме трех канавок для шариков, имеются две проточки: одна для уплотнительного резинового кольца, другая для хомута с противовесом. (см. рис.14- 11, поз. 14,15)

Три продольные прорези в верхней части стакана обеспечивают надежное обжатие комля лопасти стаканом при затянутом хомуте противовеса (см. рис.14- 12 поз. 5,6). На верхнем торце стакана нанесена шкала, служащая для начальной установки угла лопасти. Шкала имеет 20 делений с ценой деления 1° (от 5 до 25°).

\* На рис.14- 11 показано одно из отверстий для засыпки шариков, оно обозначено буквой «Г».

На нижнем торце стакана имеется эксцентрически расположенный и выполненный заодно целое со стаканом палец, на который надевается шатун 10 (см. рис.14- 13). В днище стакана имеется резьба под гайку 4 для натяга трехрядного подшипника. При повороте гайки 4 на один оборот стакан перемещается на 3 мм (шаг резьбы гайки стакана 3 мм).

**Узел противовеса** состоит из кронштейна с хомутом, болта, хомута, груза противовеса и болта крепления груза противовеса к кронштейну (см. рис.14- 12).

Хомут кронштейна служит для надежного обжатия цилиндрической поверхности комля лопасти стаканом, в котором имеются три продольные прорези. Такое обжатие предохраняет лопасть от проворачивания в стакане.

От проворачивания хомута вокруг стального стакана предохраняет шпонка, которая вставляется в шпоночную канавку на стакане и в прорезь под шпонку в хомуте.

**Цилиндровая группа винта.** Основные детали цилиндровой группы (рис.14- 14): цилиндр 4, гайка 2 крепления цилиндра в корпусе, поршень 7 с жиклером, диафрагма 10, труба маслопровода 18.

Цилиндр 4 изготовлен из алюминиевого сплава. В передней части цилиндра имеется 14 глухих отверстий для штифтов, фиксирующих контровочную втулку 23 относительно цилиндра.

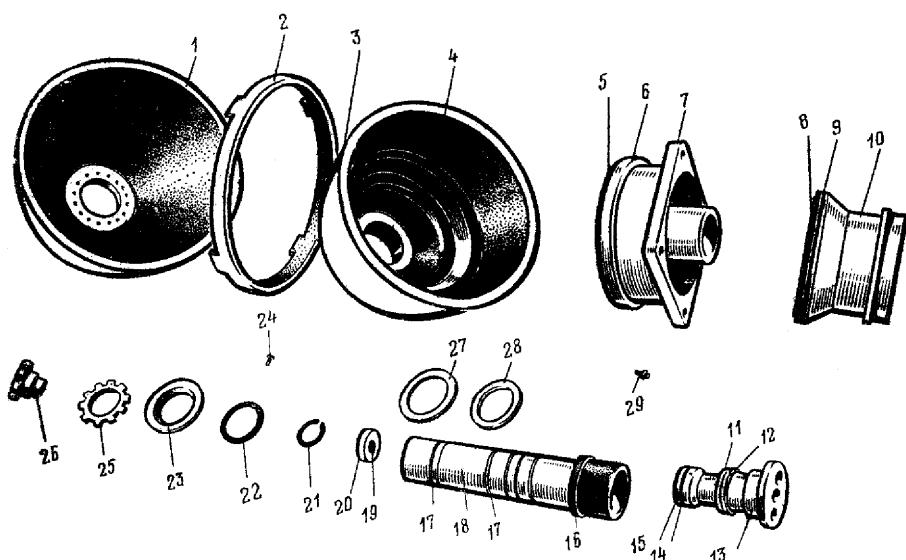


Рис.14-14. Детали, составляющие цилиндровую группу винта:

1 — отеплитель; 2 — гайка цилиндра; 3 — кольцо уплотнительное; 4 — цилиндр; 5 — кольцо уплотнительное; 6 — шайба защитная; 7 — поршень; 8 — кольцо уплотнительное; 9 — шайба защитная; 10 — диафрагма; 11 — кольцо уплотнительное; 12 — шайба защитная; 13 — штуцер; 14 — кольцо уплотнительное; 15 — шайба защитная; 16 — кольцо уплотнительное; 17 — кольцо уплотнительное; 18 — труба маслопровода; 19 — заглушка трубы маслопровода; 20 — кольцо уплотнительное; 21 — кольцо стопорное; 22 - кольцо стопорное; 23 — втулка контровочная; 24 — штифт; 25 — пластина контровочная; 26 — гайка; 27 — кольцо упора; 28 — кольцо разрезное; 29 — жиклер

На наружной поверхности цилиндра имеется кольцевой выступ с прямоугольной проточкой, в которую устанавливается уплотнительное кольцо, обеспечивающее герметичность соединения цилиндра с корпусом винта (см. рис.14- 11 поз. 41). За этот же кольцевой выступ цилиндр надежно притягивается к корпусу винта гайкой 11, которая стопорится от отвертывания винтом 12.

Внутри цилиндра имеется кольцевой выступ (см. рис.14-11), который служит направляющей для поршня 9.

Размещенные в цилиндре поршень 9, диафрагма 10 и труба маслопровода 48 образуют три полости: *B* — большого шага, *M* — малого шага и *C* — полость слива масла в картер редуктора двигателя.

Поршень 9 изготовлен из алюминиевого сплава и является силовой деталью. На наружной поверхности поршня имеется прямоугольная проточка под уплотнительное кольцо 7, уплотняющее полость малого шага *M* с полостью слива *C*. В поршне имеются четыре отверстия, в которые устанавливаются штоки 42.

В поршне имеется жиклер 6, обеспечивающий циркуляцию масла из полости *M* в полость *C* для обогрева цилиндровой группы. Узел жиклера состоит из корпуса и набора дроссельных шайб с отверстиями диаметром 0,9 мм, через которые прокачивается 1,5— 1,7 л масла в минуту,

Соединение поршня со стальными стаканами лопастей осуществляется кривошипно-шатунными механизмами, состоящими из шатунов 37, штоков 42, втулок штоков 43 и направляющих втулок 40.

При изменении шага воздушного винта усилие от перемещающегося вперед или назад поршня под давлением масла передается через штоки и шатуны на эксцентрические пальцы стаканов 35 для поворота их с лопастями.

Труба маслопровода 48 изготовлена из стали и служит для подвода масла от маслоперепускного штуцера 29 в полость большого и малого шага. Кроме того, она служит для завертывания гайки переднего конуса 34 при установке винта на вал редуктора двигателя, для чего на обоих концах трубы имеются шлицы.

При помощи шлицев правая часть трубы соединяется с гайкой 34 переднего конуса, а на шлицы левой стороны трубы устанавливается контровочная втулка 53. Запрессованные во втулке два штифта 2 входят в два глухих отверстия цилиндра винта, вследствие чего труба маслопровода и гайка переднего конуса фиксируются относительно цилиндра. Цилиндр, в свою очередь, фиксируется относительно корпуса винтом 12, который своим хвостовиком входит одним из пазов в цилиндр 5 (см. рис.14-11).

На наружной поверхности трубы проточена кольцевая проточка, в которую входит разрезное кольцо 4 с кольцом упора 3, препятствующие продольному перемещению трубы в левую сторону.

Стопорное кольцо 1, входящее в проточку шлицев, расположенных на левой стороне трубы, препятствует продольному перемещению трубы в правую сторону. На наружной поверхности трубы имеются три проточки для уплотнительных колец 38, 50 и др.

Во внутреннюю часть трубы маслопровода слева установлена дренажная заглушка 51 с резиновым уплотнительным кольцом. От выпадания заглушки предохраняет стопорное кольцо 52.

В передней и задней части трубы маслопровода имеются отверстия для прохода масла в полости большого и малого шага.

Диафрагма 10 изготовлена из алюминиевого сплава. Вместе с поршнем 9 и трубой маслопровода 48 диафрагма образует полость большого шага Б. На наружной поверхности диафрагмы проточена прямоугольная канавка под уплотнительное кольцо 46.\*

Крепление контровочной втулки 53 и отеплителя 49 винта осуществляется гайкой 55.

**Лопасти винта** — металлические, изготовлены из сплава алюминия марки Д1. Лопасть винта (рис.14-15) имеет профилированную часть, называемую пером, которая переходит в цилиндрическую часть, называемую комлем. Профилированная часть, или перо лопасти создает тягу воздушного винта, а комель служит для закрепления лопасти в стакане корпуса винта.

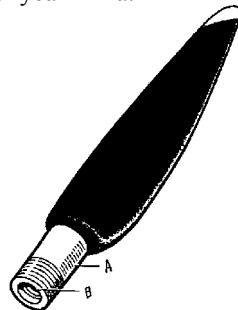


Рис14- 15. Лопасть винта

На комле лопасти имеются две цилиндрические поверхности А и В (см. рис.14- 15) Поверхность А гладкая цилиндрическая обеспечивает центрирование лопасти в стакане, к этой поверхности стакан прижимаются внутренней поверхностью при затягивании хомутов противовесов. На поверхности В нарезана резьба для заворачивания лопасти в стакан.

В комле лопасти с торца просверлено отверстие, в которое при балансировке винта вкладываются балансировочные грузы, удерживаемые от выпадания шайбой.

Разные лопасти одного винта имеют различия по весу и геометрическим размерам поэтому являются невзаимозаменяемыми.

**Детали установки винта на вал редуктора двигателя.** К деталям установки винта на вал редуктора двигателя относятся:

- два конуса — передний 33 (см. рис.14- 11) стальной разъемный и задний бронзовый разрезной 27;
- две гайки — гайка переднего конуса 34 предназначена для затяжки винта на валу редуктора двигателя и гайка 24 крепления маслоперепускного штуцера 29 внутри вала редуктора двигателя;
- кольцо заднего конуса 28;
- контровочная пластина 23 для контровки гайки маслоперепускного штуцера;
- уплотнительные и стопорные кольца;
- пружина гайки переднего конуса и опорная стальная шайба 13 (см. рис.14- 11), в которую упирается пружина.

Для завертывания гайки переднего конуса необходимо на шлицы трубы маслопровода (на месте снятой контровочной втулки 53) установить специальный ключ, в отверстие ключа вставить вороток, а на него — трубу длиной два метра и вручную при помощи двухметровой трубы, нажимая на ключ, завернуть гайку переднего конуса. Момент затяжки гайки 100—120 кгс·м.

\* В эту же канавку рядом с уплотнительным кольцом устанавливается фторопластовая защитная шайба. На рис.14- 11 для упрощения не показана.

**Отеплитель винта.** Для предохранения масла от переохлаждения в цилиндровой группе винта на втулках винта предусмотрен отеплитель 49 (см. рис.14- 11), установленный на цилиндр. Отеплитель состоит из кожуха, изготовленного из алюминиевого сплава, на внутренней поверхности которого наклеена войлочная прокладка, а на наружной поверхности устанавливается стальная шайба.

### 3. РЕГУЛЯТОР ОБОРОТОВ Р-9СМ2

#### 3.1. НАЗНАЧЕНИЕ, ОСНОВНЫЕ ДАННЫЕ РЕГУЛЯТОРА Р-9СМ2

Регулятор оборотов Р-9СМ2 (РПО) предназначен для совместной работы с автоматическим воздушным винтом АВ-2. Регулятор автоматически регулирует шаг винта и поддерживает заданную частоту вращения коленвала двигателя независимо от изменения мощности двигателя, высоты и скорости полета.

Регулятор Р-9СМ2 установлен на носке картера двигателя. Вращение к ведущему валику регулятора передается от ведущей шестерни редуктора. Внешний вид регулятора показан на рис.14- 16.

#### Основные технические данные регулятора Р-9СМ2

Принцип действия .....	центробежно-гидравлический
Схема работы.....	двусторонняя
Диапазон оборотов, которые регулятор может поддерживать постоянными (диапазон равновесных оборотов), об/мин.....	1400—2700 (вал регулятора) или 1250—2550 (коленчатый вал)
Нечувствительность центробежного регулятора на равновесных оборотах 2100 об/мин валика регулятора, об/мин .....	не более 10
Давление масла на входе в регулятор, кгс/см <sup>2</sup> .....	4—5,5
Максимальное давление масла на выходе регулятора (в полостях малого и большого шага винта) при отсутствии расхода масла при 2500 об/мин вала регулятора, давлении масла на входе 4—5,5 кгс/см <sup>2</sup> и температуре масла на входе 85—90°, кгс/см <sup>2</sup> .....	26 <sup>+2</sup> <sub>-1</sub>
Производительность маслонасоса регулятора при тех же условиях и противодавлении на выходе 15 кгс/см <sup>2</sup> , л/мин . .....	не менее. 26

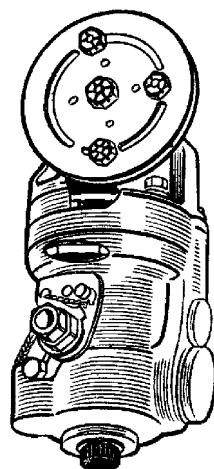


Рис.14-16. Регулятор оборотов Р-9СМ2

#### 3.2.КОНСТРУКЦИЯ РЕГУЛЯТОРА Р-9СМ2

Регулятор оборотов Р-9СМ2 состоит из трех основных узлов, смонтированных в общем корпусе: центробежного регулятора, механизма ручного управления регулятором и силовой части.

**Узел центробежного регулятора** (рис.14-17). В его состав входит: два Г-образных грузика 4, золотник 2 и две пружины: коническая 5 и балансировочная 7. Грузики установлены на осях, закрепленных в колоколе 3 который вращается вместе с ведущим валиком регулятора оборотов 1. Колокол предназначен для ограничения отклонения грузов и для уменьшения их сопротивления вращению от масла, проникшего в полость колокола.

Отдельно конструкция узла центробежного регулятора показана на рис.14- 18.

Золотник помещается внутри ведущего валика с небольшим диаметральным зазором. На золотнике имеются три пояска: верхний— уплотнительный; средний— перекрывает верхние распределительные окна ведущего валика и регулирует подачу масла под давлением от насоса регулятора в полость *B* винта или слив масла из полости *B* в картер; нижний— подобно среднему регулирует подачу масла под давлением в полость *M* малого шага винта или слив масла из этой полости в картер.

Масло из полости *B* сливается в картер по имеющимся в золотнике радиальным отверстиям между верхним и средним поясками и осевому каналу. Золотник имеет так называемое отрицательное перекрытие. Это значит, что если нижнюю кромку среднего пояска золотника совместить с нижней кромкой верхнего распределительного окна ведущего валика, то верхняя кромка нижнего пояска золотника образует открытую щель величиной 0,6—0,85 мм в нижнем распределительном окне ведущего валика.

Таким взаимным расположением поясков золотника и распределительных окон ведущего валика достигается при работе на равновесных оборотах постоянное сообщение линии нагнетания насоса регулятора с каналами подвода масла в полость *M* или *B* или в обе полости одновременно без слива масла из них в картер. Это позволяет восполнить утечки масла из каналов, соединяющих РПО с винтом, при относительно небольших отклонениях золотника от нейтрального положения и обеспечивает поддержание более ровного давления масла в этих каналах, что способствует повышению устойчивости числа оборотов двигателя.

На верхнем конце золотника установлен шарикоподшипник 3, наружной обоймой которого золотник опирается на Г-образные грузики. Сверху на внутреннюю обойму подшипника опирается опорная тарелочка конической пружины 7. Подшипник и тарелочка закреплены на золотнике державкой («солдатиком») 5, которая навернута на резьбу его верхнего конца и соединяет золотник с зубчатой рейкой 8.

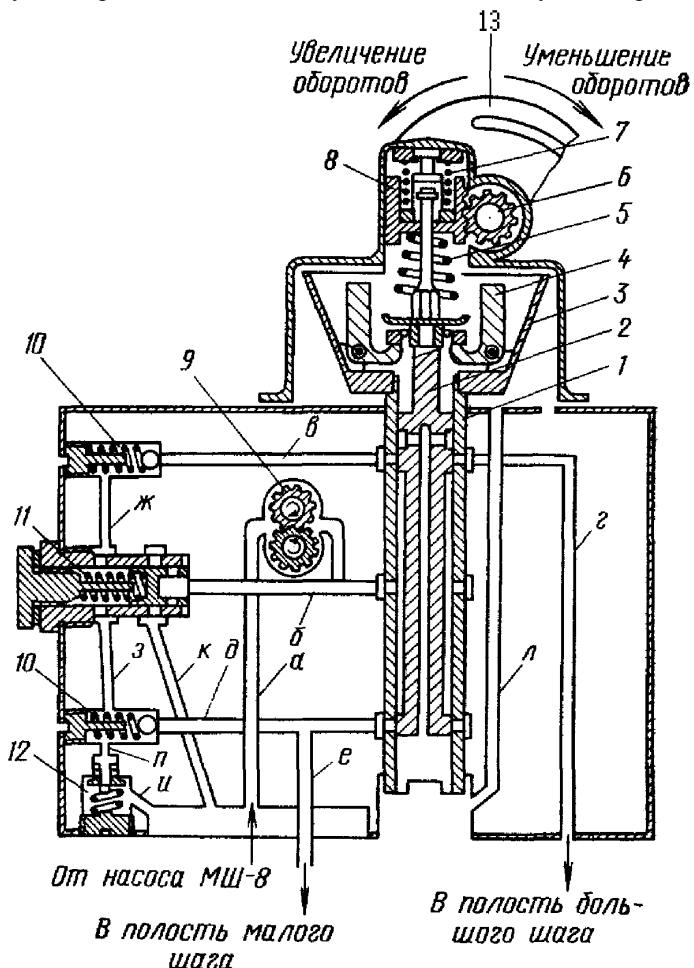


Рис.14-17. Схема устройства регулятора оборотов Р-9СМ2:

1 — ведущий валик; 2 — золотник; 3 — колокол; 4 — Г-образные грузики; 5 — коническая пружина; 6 — валик ручного управления с шестерней; 7 — балансировочная пружина; 8 — зубчатая рейка; 9 — насос регулятора; 10 — шариковые клапаны; 11 — редукционный клапан; 12 — перегрузочный клапан; 13 — поводок

Своим верхним концом коническая пружина опирается на зубчатую рейку 8 механизма ручного управления регулятором. При перемещении рейки изменяется сила упругости пружины, что приводит к изменению равновесных оборотов, которые регулятор будет поддерживать постоянными.

Балансировочная пружина 9, установленная между зубчатой рейкой и корпусом регулятора, предотвращает самопроизвольное затяжение винта в случае отсоединения или поломки тяги управления регулятором. Пружина смонтирована в специальном пакете, в который входят: замковая шайба 17, штифт 18 с двумя шляпками, втулка 19 и регулировочная шайба 20. Шляпки штифта удерживают втулку и замковую шайбу, на которые опирается пружина. Длина пакета в сборе (без регулировочной шайбы) подобрана так, чтобы с отсоединенными тягой управления при работе двигателя с полностью открытыми дроссельными заслонками карбюратора число оборотов коленчатого вала было равно 1800—2000 в минуту. Тогда сила упругости конической пружины уравновешивается центробежными силами грузиков при нейтральном положении золотника.

Если отсоединение или обрыв тяги произойдет на оборотах больше 1800—2000 в минуту (например, при взлете), когда пакет балансировочной пружины опущен вниз вместе с рейкой 8, то коническая пружина переместит рейку вверх до упора пакета в корпус регулятора. Так как балансировочная пружина имеет большую жесткость, чем коническая, то дальнейшее перемещение рейки прекратится, а обороты двигателя упадут до 1800—2000 в минуту и будут поддерживаться постоянными.

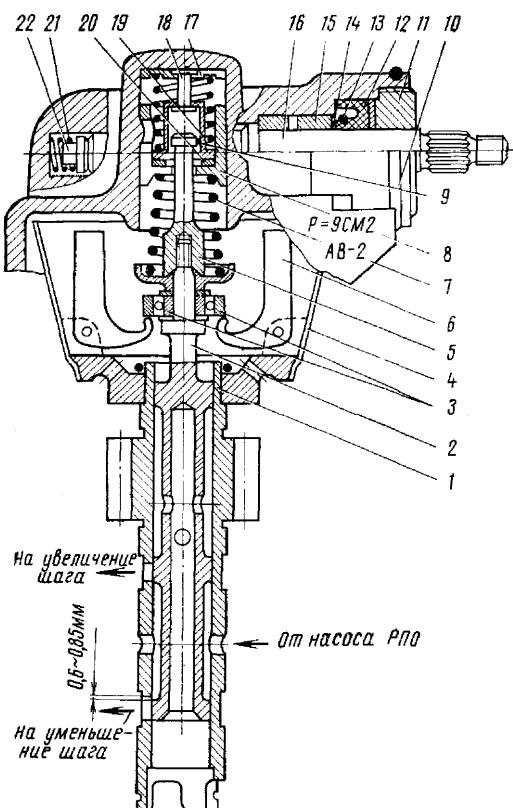


Рис.14-18. Узел центробежного регулятора:

1 — ведущий валик; 2 — золотник; 3 — шарикоподшипник; 4 — колокол; 5 — «солдатик»; 6 — Г-образные грузики; 7 — коническая пружина; 8 — зубчатая рейка; 9 — балансировочная пружина; 10 — контровочное кольцо; 11 — гайка; 12 — манжета; 13 — кольцо из спиральной пружины; 14 — шайба; 15, 19 — втулка; 16 — валик ручного управления; 17 — замковая шайба; 18 — штифт; 20 — регулировочная шайба; 21 — пружина подпятника; 22 — подпятник валика

Величина оборотов, которые балансировочная пружина поддерживает постоянными, может быть отрегулирована толщиной шайбы 20. Изменение толщины шайбы на 1 мм вызывает изменение оборотов на 100 в минуту.

Пакет балансировочной пружины совершенно не мешает работе регулятора во всем диапазоне равновесных оборотов и не оказывает никакого влияния на характеристики его чувствительной части.

**Механизм ручного управления** регулятором (см. рис.14-18) состоит из зубчатой рейки 8 и валика ручного управления 16 с шестерней, которая сцеплена с зубьями рейки. При повороте валика рейка перемещается и изменяет затяжку конической пружины. В результате изменяется величина равновесных оборотов. Перемещение рейки вверх соответствует уменьшению, вниз — увеличению равновесных оборотов. Во избежание чрезмерного сжатия и деформирования конической пружины при перемещении рейки вниз в конструкции соединения предусмотрен выход рейки из зацепления с зубьями шестерни (прощелкивание).

Валик ручного управления своей средней частью опирается на бронзовую втулку 15, имеющую канавки и отверстия для смазки. Внутренний конец валика опирается непосредственно на корпус регулятора. На наружном конце валика находятся шлицы, на которые устанавливается ролик с поводком (рис.14- 17 поз. 13) для присоединения тяги управления регулятором.

Герметичность валика управления в корпусе регулятора обеспечивается резиновой манжетой (рис.14-18 поз. 12). Для лучшего прилегания к валику на меньший диаметр манжеты надето кольцо 13 из спиральной пружины. Манжета зажимается в корпусе регулятора гайкой 11, которая через манжету 12, шайбу 14, втулку 15, и заплечик валика 16 прижимает валик к стальному подпятнику 22. Фиксирование валика в осевом направлении осуществляется пружиной подпятника 21. Гайка 11 имеет радиальные пазы и контрится пружинным кольцом 10.

**Силовая часть регулятора оборотов** (см. рис.14- 17) включает в себя шестеренчатый масляный насос 9, редукционный клапан 11, два шариковых клапана 10 и перегрузочный клапан 12.

Масляный насос регулятора служит для повышения давления масла до величины, обеспечивающей быстрое изменение шага винта в пределах его рабочего диапазона. Масло поступает к насосу из масломагистрали двигателя под давлением  $4—5 \text{ кгс}/\text{см}^2$  по каналу «*a*». По выходе из насоса масло направляется по каналу «*b*» к редукционному клапану и в полость вокруг золотника между его нижним и средним поясками. Давление масла в канале «*b*» зависит от числа оборотов насоса и от положения золотника и определяется регулировкой редукционного, перегрузочного и шариковых клапанов. Конструкция насоса показана на рис.14- 19.

Верхний конец ведущего валика насоса имеет два боковых среза для установки колокола с грузиками центробежного регулятора и кольцевую канавку под стопорное кольцо крепления колокола. Нижний конец валика оканчивается тремя кулачками для соединения с муфтой привода 4. Муфта закрепляется на валике стопорным кольцом 2. Она имеет шлицы для соединения с приводом двигателя.

Редукционный клапан (см. рис.14- 17,14-20) служит для изменения давления масла на выходе из насоса регулятора при работе на равновесных оборотах. Клапан состоит из корпуса, плунжера, пружины, упора плунжера и прокладки. Все детали клапана стальные. Корпус и плунжер имеют сливные отверстия, через которые при их совмещении избыток давления масла стравливается в линию входа в насос (по каналу «*к*»). Величина давления масла на выходе из насоса зависит от усилия пружины редукционного клапана, степени совмещения сливных отверстий корпуса и плунжера и от производительности насоса.

На малых равновесных оборотах, когда производительность насоса мала и плунжер клапана не дошел до своего упора, давление масла определяется только усилием пружины и не превышает  $10 \text{ кгс}/\text{см}^2$ . С момента, когда плунжер доходит до упора и величина совмещения сливных отверстий плунжера и корпуса клапана остается постоянной, давление масла зависит исключительно от числа оборотов насоса. При этом с увеличением числа оборотов, а следовательно, и производительности насоса, гидравлические сопротивления, возникающие при протекании масла через сливное отверстие, возрастают, что приводит к увеличению давления масла на выходе из насоса.

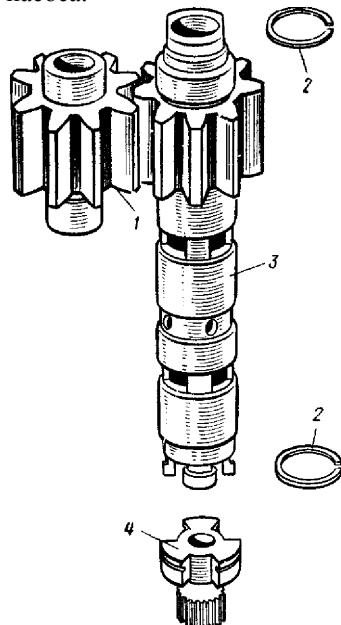
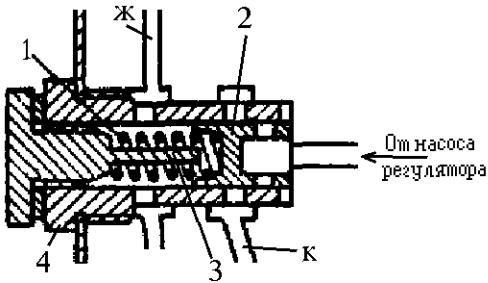


Рис.14-19. Детали масляного насоса регулятора:

1 — ведомая шестерня; 2 — стопорное кольцо; 3 — ведущий валик; 4 — муфта привода



*Rис14- 20. Редукционный клапан:*  
1 — пружина; 2 — плунжер; 3 — упор плунжера; 4 — корпус

Упор плунжера\* регулируется так, чтобы при вынутой пружине редукционного клапана и числе оборотов двигателя 2100—2200 в минуту давление масла на выходе из насоса было равно 16—18  $\text{kgs}/\text{cm}^2$ . Такое устройство и регулировка клапана обеспечивают нормальную работу воздушного винта в случае поломки пружины клапана.

Корпус клапана, кроме сливных отверстий, имеет радиальные отверстия для подвода масла под давлением от шариковых клапанов в полость его пружины.

Шариковые клапаны (см. рис.14- 17) служат для подвода масла под давлением из линии нагнетания насоса в полость пружины редукционного клапана при срабатывании регулятора оборотов на увеличение или уменьшение шага винта. При увеличении шага масло подводится по каналу «*в*» через верхний клапан *10*, при уменьшении шага — по каналу «*д*» через нижний клапан *10*.

В этом случае на плунжер редукционного клапана со стороны полости пружины действует сила упругости пружины и сила давления масла на выходе из насоса, за вычетом потери давления масла на преодоление силы упругости пружины шарикового клапана ( $2—4 \text{kgs}/\text{cm}^2$ ). С противоположной же стороны на плунжер действует только сила давления масла на выходе из насоса. В результате плунжер перемещается вправо до упора, и редукционный клапан выключается из работы. Давление масла на выходе из насоса, а следовательно, и в полости *M* или *B*, начинает повышаться, что приводит к более быстрому изменению шага винта и к более быстрому восстановлению заданных равновесных оборотов.

Перегрузочный клапан *12*. (см. рис.14- 17) служит для регулирования максимального давления масла на выходе из насоса регулятора при срабатывании его на увеличение или уменьшение шага винта. Масло из линии нагнетания насоса поступает к перегрузочному клапану через шариковые клапаны, по каналам «*ж*», «*з*», «*п*». Как только давление масла достигнет величины  $25—26 \text{kgs}/\text{cm}^2$ , перегрузочный клапан открывается и избыток давления стравливается по каналу «*и*» на линию входа в насос.

При работе на равновесных оборотах перегрузочный клапан бездействует и давление на выходе из насоса регулируется только редукционным клапаном, через который происходит лишь сток масла.

Таким образом, совместная работа редукционного, шариковых и перегрузочного клапанов разгружает насос регулятора при работе на равновесных оборотах, когда не требуется высокое давление масла на выходе из него, и нагружает насос до наибольшего давления на выходе в момент срабатывания регулятора на изменение шага винта. Такая система клапанов снижает затраты мощности на вращение насоса, уменьшает нагрузки, действующие на его детали, и обеспечивает быстрое изменение шага винта. Кроме того, такое устройство обеспечивает постоянное заполнение маслом полости пружины редукционного клапана, что способствует более плавному открытию клапана и устраняет вибрации и поломки пружины, возникающие при резком его открытии.

#### 4. СОВМЕСТНАЯ РАБОТА РЕГУЛЯТОРА ОБОРОТОВ Р-9СМ2 И ВИНТА АВ-2

При равновесных оборотах (рис.14- 21), когда мощность двигателя, скорость и высота полета не меняются, сила упругости конической пружины *3* уравновешивается центробежными силами Г-образных грузиков *2*, Золотник *1* находится в нейтральном положении, перекрывает нижним и средним поясками распределительные окна ведущего вала регулятора и закрывает масло в полостях *M* и *B* винта.

Под действием неуравновешенного момента противовесов лопасти винта стремятся повернуться в сторону увеличения шага и переместить поршень винта вперед. Этому препятствует масло, закрытое в полости *M*, которое является для поршня гидравлическим упором. Шаг винта и число оборотов остаются неизменными. За счет подпора, создаваемого поршнем, масло в полости *M* находится под давлением поэтому оно перетекает через жиклер в полость *B* винта в полость *C*. Из полости *C* через штуцер и,

маслораспределительную втулку масло сливаются в картер двигателя. Утечка масла из полости *M* восполняется поступлением его от насоса регулятора под давлением, благодаря наличию отрицательного перекрытия золотника. Основная же часть масла, нагнетаемая насосом регулятора при работе на

\* Положение упора регулируется толщиной прокладки под его головкой и только в заводских условиях.

равновесных оборотах, не расходуется и перекачивается из канала «б» линии нагнетания через редукционный клапан по каналам «к» и «а» на вход в насос. Давление масла в этом случае, как указывалось, зависит от величины равновесных оборотов и не превышает 16—18 кгс/см<sup>2</sup>.

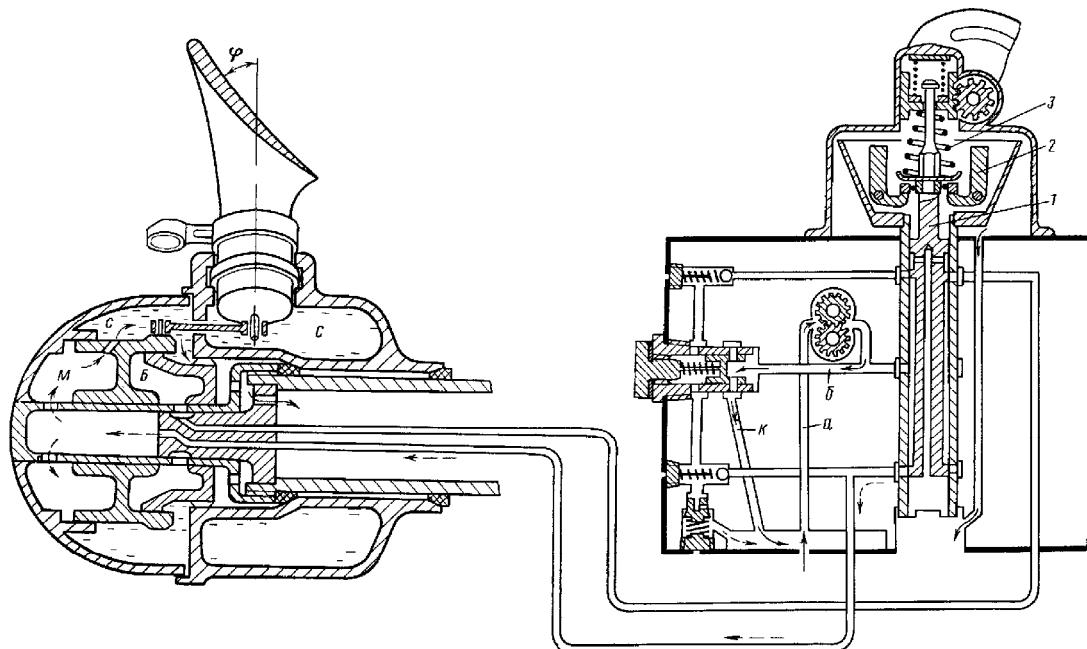


Рис.14-21. Схема совместной работы винта АВ-2 и регулятора оборотов Р-9СМ2 при равновесных оборотах:

1 — золотник; 2 — Г-образные грузики; 3 — коническая пружина

#### 4.1. УМЕНЬШЕНИЕ ОБОРОТОВ ВИНТА ПО СРАВНЕНИЮ С РАВНОВЕСНЫМИ

Если по какой-либо причине в полете происходит уменьшение числа оборотов по сравнению с установленными пилотом равновесными оборотами (уменьшение давления наддува, скорости или высоты полета), то регулятор оборотов и винт должны сработать так, чтобы уменьшение оборотов было быстро устранено. Происходит это следующим образом (рис.14- 22).

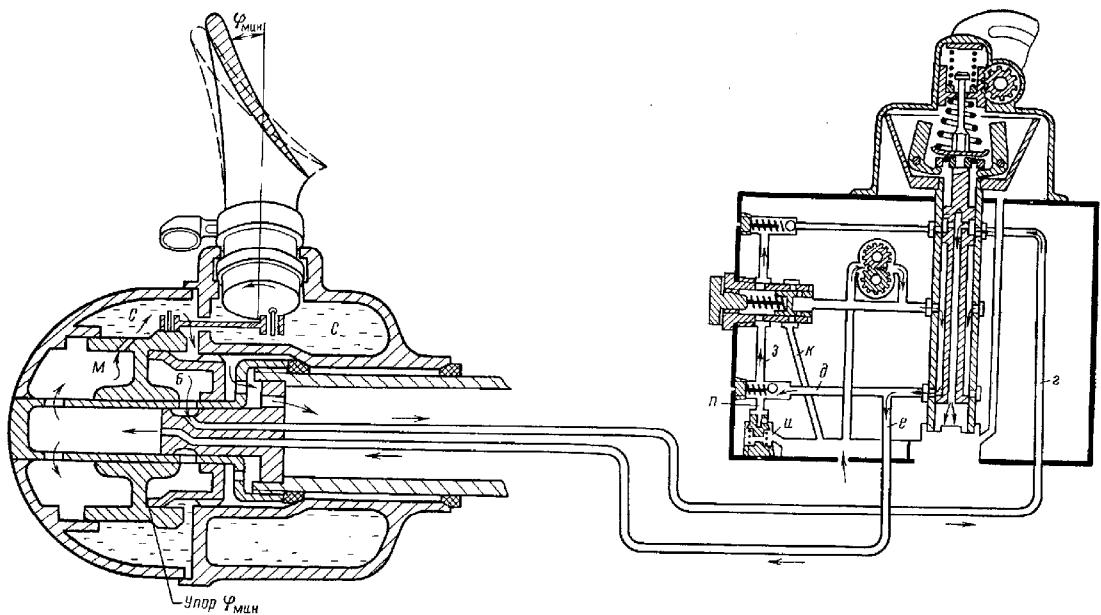


Рис.14-22. Схема совместной работы винта АВ-2 и регулятора оборотов Р-9СМ2 при уменьшении шага винта

С уменьшением числа оборотов коленчатого вала уменьшается также число оборотов ведущего валика регулятора и укрепленных на нем Г-образных грузиков. Центробежные силы грузиков становятся меньше силы упругости конической пружины, и золотник под действием пружины опускается вниз от нейтрального

положения. Масло от насоса регулятора через нижние распределительные окна ведущего валика и каналы «*д*» и «*е*» поступает в полость *М* механизма винта. Поршень винта перемещается влево и через шатуны поворачивает лопасти на уменьшение шага. Масло, вытесняемое из полости *Б* винта по каналу «*г*» регулятора, поступает внутрь золотника и сливается в картер двигателя.

При уменьшении шага уменьшается сопротивление вращению винта, и число оборотов винта и коленчатого вала увеличивается. Лопасти винта будут поворачиваться в сторону уменьшения шага до тех пор, пока не восстановится заданное равновесное число оборотов. В этот момент наступит равновесие между силой упругости конической пружины и центробежными силами Г-образных грузиков, и золотник займет нейтральное положение. Поступление масла под давлением в полость *М* винта прекратится. Лопасти винта фиксируются в положении уменьшенного шага, который будет поддерживаться до следующего нарушения режима работы двигателя.

Одновременно с поступлением масла от насоса регулятора в полость *М* винта оно поступает по каналу «*д*» к нижнему шариковому клапану, открывает его и, поступив в полость пружины редукционного клапана, перемещает его плунжер вправо до упора. Насос регулятора нагружается, давление на выходе из насоса возрастает. Это обеспечивает более интенсивный поворот лопастей в сторону уменьшения шага. Редуцирование давления масла при этом возможно только с помощью перегрузочного клапана, отрегулированного на давление 18—25 кгс/см<sup>2</sup>. Однако восстановление равновесных оборотов (при исправном механизме регулятора и винта) обеспечивается при значительно меньшем давлении масла, и перегрузочный клапан в работу не вступает.

При восстановлении равновесных оборотов поступление масла под давлением к шариковому клапану прекращается. Клапан садится на седло и закрывает масло в полости пружины редукционного клапана.

Таким образом, при восстановлении равновесного числа оборотов все клапаны силовой части регулятора закрыты. Практически полностью закрыт выход масла и из линии нагнетания насоса регулятора. В результате давление масла на линии нагнетания продолжает повышаться до тех пор, пока плунжер редукционного клапана не переместится влево и не откроет отверстия для перепуска масла по каналу «*к*» из линии нагнетания в линию входа в насос. Иначе говоря, давление растет до тех пор, пока не откроется перегрузочный клапан и масло из полости пружины редукционного клапана, являющееся гидравлическим упором, препятствующим перемещению плунжера влево, не вытеснится по каналам, «*з*», «*п*» и «*и*» (см. рис.14- 17) на линию входа в насос. После этого давление на линии нагнетания насоса снижается, насос разгружается до давления не более 16—18 кгс/см<sup>2</sup>.

#### 4.2.УВЕЛИЧЕНИЕ ОБОРОТОВ ВИНТА ПО СРАВНЕНИЮ С РАВНОВЕСНЫМИ

При увеличении числа оборотов по сравнению с заданными равновесными оборотами вследствие увеличения давления наддува скорости или высоты полета регулятор оборотов и винт работают следующим образом (рис.14-23).

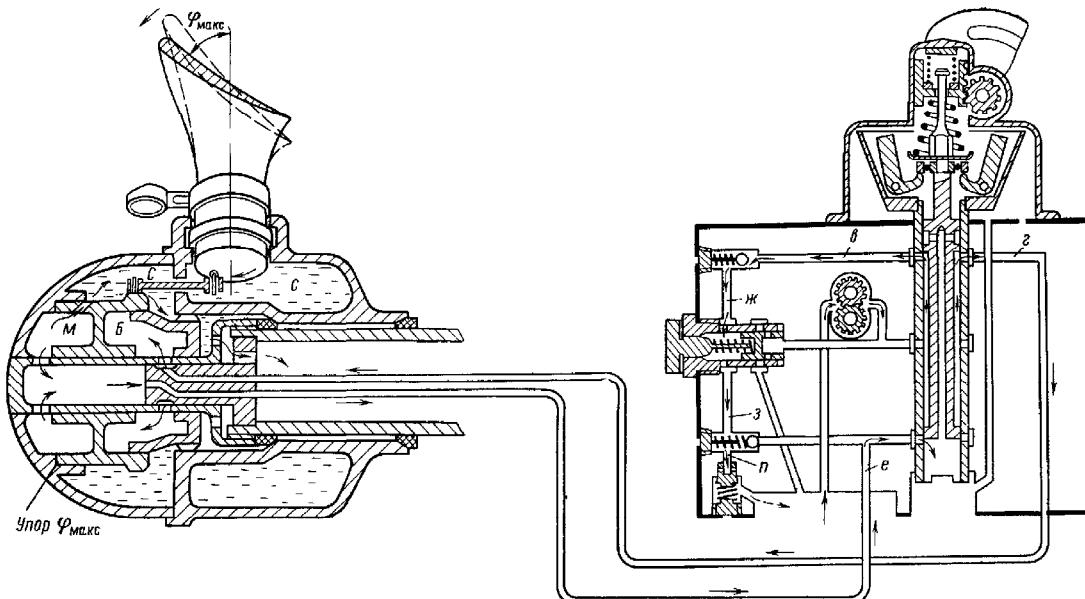


Рис.14-23. Схема совместной работы винта AB-2 и регулятора оборотов Р-9СМ2 при увеличении шага винта

С увеличением числа оборотов коленчатого вала и, следовательно, ведущего валика регулятора

центробежные силы Г-образных грузиков становятся больше силы упругости конической пружины. В результате пружина сжимается и золотник поднимается вверх от нейтрального положения. Средний поясок золотника открывает каналы «в» и «г»; масло из насоса регулятора по каналу «г» поступает в полость *B* винта. Одновременно через верхний шариковый клапан масло поступает в полость пружины редукционного клапана и нагружает маслонасос.

Под действием силы давления масла поршень винта перемещается влево и через шатуны поворачивает лопасти на увеличение шага. Масло, вытесняемое поршнем из полости *M* винта по каналу «е» через нижние распределительные окна и внутреннюю полость валика регулятора, сливается в картер.

При увеличении шага сопротивление вращению винта увеличивается и обороты его уменьшаются. Поворот лопастей в сторону увеличения шага будет продолжаться до тех пор, пока не восстановится заданные равновесные обороты и не восстановится равенство между силой упругости конической пружины и центробежными силами Г-образных грузиков. При восстановлении равновесных оборотов лопасти винта фиксируются в положении нового — увеличенного шага, а насос регулятора разгружается, как и в предыдущем случае.

Таким образом, при нормальной работе двигателя заданные пилотом обороты сохраняются постоянными (с отклонениями не более 10 об/мин) и только при резком изменении скорости или давления наддува могут незначительно отклониться от заданных в течение 2—3 сек, после чего вновь восстанавливаются.

#### 4.3. ПЕРЕВОД ЛОПАСТЕЙ В ПОЛОЖЕНИЕ САМОГО МАЛОГО ШАГА

Для перевода лопастей в положение самого малого шага необходимо рычаг сектора управления винтом в кабине пилота перевести «от себя» до упора. Шестерня валика механизма ручного управления (см. рис.14-17 поз. 6) повернется против часовой стрелки, рейка 8 опустится вниз и сожмет коническую 5 пружину. Золотник 2 займет крайнее нижнее положение и соединит линию нагнетания насоса регулятора с полостью *M* винта и с полостью пружины редукционного клапана. Поршень винта переместится вправо (см. рис.14-22), поворачивая лопасти через шатуны на самый малый шаг—до упора (Ф мин).

Когда поршень дойдет до упора, расход масла из насоса регулятора прекратится, и все масло из линии нагнетания в линию входа в насос перепускается через канал «д», нижний шариковый клапан 10, канал «п» и перегрузочный клапан 12. При этом насос нагружается до максимального давления масла 25—28 кгс/см<sup>2</sup>,

Регулятор оборотов Р-9СМ2 должен быть отрегулирован так, чтобы при крайнем переднем положении рычага сектора управления винтом коническая пружина имела силу упругости, равную осевой составляющей центробежной силы Г-образных грузиков при нейтральном положении золотника и 2200 оборотах коленчатого вала в минуту. Такая регулировка обеспечивает перевод лопастей на увеличение шага и устраняет раскрутку винта при нарастании скорости во время взлета самолета.

#### 4.4. ПЕРЕВОД ЛОПАСТЕЙ В ПОЛОЖЕНИЕ САМОГО БОЛЬШОГО ШАГА

Для перевода лопастей в положение самого большого шага рычаг сектора управления регулятором перемещают до отказа «на себя». При этом шестерня валика механизма ручного управления повернется по часовой стрелке, рейка поднимется вверх, сжимая балансировочную пружину. Сила упругости конической пружины уменьшится, золотник под действием центробежных сил грузиков переместится в крайнее верхнее положение и соединит линию нагнетания насоса регулятора с полостью *B* винта и с полостью пружины редукционного клапана. Поршень винта перемещается влево и через шатуны поворачивает лопасти в положение самого большого шага (до упора Фмакс). Масло, вытесняемое из полости *M*, сливается по каналу «е» в картер двигателя (см. рис.14- 23).

При положении лопастей на упоре Фмакс масло из линии нагнетания насоса регулятора перепускается на линию входа в насос, как и в предыдущем случае, через перегрузочный клапан по каналу «в», через верхний шариковый клапан и канал «п». Насос работает под нагрузкой 25—28 кгс/см<sup>2</sup>.

### 5. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ВИНТА АВ-2 И РЕГУЛЯТОРА ОБОРОТОВ Р-9СМ2

#### 5.1. ПЕРИОДИЧЕСКОЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ

Периодическое техническое обслуживание воздушного винта и регулятора оборотов заключается в предполетном и послеполетном осмотре и регламентном обслуживании через каждые 100 ч работы двигателя.

Перед каждым полетом и после полета проводится внешний осмотр винта и регулятора оборотов для обнаружения возможных неисправностей. Проверяется отсутствие подтекания масла из-под гайки цилиндра винта, через уплотнительные кольца заднего конуса и стаканов лопастей, по разъемам и резьбовым соединениям регулятора оборотов и его привода. Проверяется также состояние контровки гаек всех

внешних соединений регулятора, правильность положения лопастей винта в их стаканах.

Дополнительно к этому через каждые 100 ч работы двигателя промывают бензином фильтр привода РПО (см. пособие по теме 9). Проверяют плавность хода механизма ручного управления регулятора (при отсоединенной тяге управления), биение лопастей винта. Биение лопастей относительно друг друга по задней кромке на радиусе 1 м при положении их на малом шаге не должно превышать 2 мм.

При обнаружении выбивания масла из винта и биения его лопастей, превышающего норму, винт подлежит отправке в ремонт. Выбивание масла из-под фланца регулятора устраняется заменой прокладки, в случае подтекания масла из разъемов корпуса регулятора его необходимо заменить.

Проверка совместной работы механизма винта и регулятора оборотов проводится при каждом опробовании двигателя после его прогрева.

## 5.2. ПОДГОТОВКА ВИНТА К УСТАНОВКЕ НА ДВИГАТЕЛЬ

Винты АВ-2 поставляются эксплуатационным подразделением с вывернутыми лопастями. Лопасти и втулка винта законсервированы. Перед установкой винта на двигатель его необходимо расконсервировать и собрать—вернуть лопасти в стаканы и закрепить их хомутами противовесов.

Расконсервация винта производится путем обтирки его наружных поверхностей салфеткой или чистой ветошью, смоченной в бензине, и затем сухой салфеткой. Внутренние поверхности стаканов и поверхности комлей лопастей промываются бензином и насухо вытираются. **Резьба стаканов, комлей лопастей, а также поверхности их центрирующих поясков должны быть совершенно сухими. Смазывать их недопустимо.**

При расконсервации винта нельзя также вывертывать пустотелую заглушку, ввернутую в гайку переднего конуса со стороны хвостовика втулки винта. Эта заглушка предохраняет от попадания грязи в цилиндр винта при его транспортировке и подготовке к установке. Снимать ее нужно непосредственно перед установкой винта на вал двигателя.

После расконсервации винта проверяют состояние резьбы стаканов и комлей лопастей. Обнаруженные на резьбе забоины и заусенцы аккуратно заполировывают шкуркой «000». Места зачистки промывают бензином и покрывают бесцветным лаком. Затем втулку винта устанавливают на штырь, отвертывают гайки болтов хомутов противовесов и лопасти устанавливают в стаканы.

Установка лопастей производится в соответствии с монтажными номерами, выбитыми на торцах их комлей и на рукавах корпуса винта. Лопасти в стакан должны ввертываться руками без особых усилий. Сначала лопасть нужно завернуть до упора в дно стакана, затем отвернуть лопасть на пол оборота и снова завернуть до точного совпадения стрелки, выбитой на ее комле с семнадцатым делением шкалы ( $17^\circ$ ) на верхнем торце стакана.

Перед затяжкой гайки болта хомута противовеса хомут руками поджать к буртику стакана в сторону пера лопасти; резьбу болта смазать маслом. Момент затяжки гайки 20—25 кгс·м. После затяжки гайку законтрить шплинтом 3x50 мм.

Перед установкой винта на двигатель необходимо осмотреть носок вала редуктора и смазать его маслом. При обнаружении забоин на шлицах и резьбе вала их нужно аккуратно зачистить.

Винты АВ-2 устанавливают на двигатель, не снимая цилиндра с корпуса. Поэтому перед установкой необходимо расконтрить и отвернуть гайку 55 (см. рис.14- 11), снять контровочную пластину 54, и контровочную втулку 53.

## 5.3. УСТАНОВКА ВИНТА НА ДВИГАТЕЛЬ

Установку винта АВ-2 на двигатель следует производить в следующей последовательности.

Установить на носок вала винта кольцо 28 заднего конуса (см. рис.14- 11) и задний конус 27, предварительно смазав его маслом. На задний конус винта надеть хомут упора, предохраняющий от повреждения маслоуплотнительное кольцо при постановке винта на вал. Надеть на носок вала кольцо 26 и маслоуплотнительное кольцо 25, придинув их вплотную к заднему конусу.

В носок вала вложить паронитовую прокладку 32, штуцер подвода масла 29 и ввернуть в него от руки гайку 24, смазав ее резьбу маслом, затянуть гайку ключом с усилием 40—50 кгс·м, удерживая вал винта от проворачивания специальным ключом, и законтрить ее. Контровочную пластину 23 устанавливают так, чтобы два ее удлиненных выступа вошли в торцевые пазы гайки штуцера и в продольные пазы носка вала винта, а два укороченных выступа — только в торцевые пазы гайки штуцера. Совмещение выступов пластины с пазами гайки штуцера и вала винта производится только подтяжкой гайки штуцера. После установки контровочной пластины 23 устанавливается стопорное кольцо 57, фиксирующее пластину.

Проверить состояние уплотнительных колец штуцера подвода масла. Наружным диаметром кольца должны выступать за образующую штуцера. Они не должны иметь надрезов, заусенцев и некруглой формы поперечного сечения. Неисправные кольца необходимо заменить новыми. Перед постановкой винта их нужно смазать маслом.

Поднять винт подъемником за лопасти № 1 и 2, вывернуть из ступицы предохранительную заглушку и слить масло из его внутренних полостей. Без слива масла винт нельзя будет посадить на задний конус.

Поднять винт на высоту вала двигателя, надеть его на носок вала, следя за тем, чтобы сферическая

засверловка на хвостовике ступицы винта совпада со штифтом между двумя шлицами вала. Осторожно продвинуть винт на валу до соприкосновения гайки 34 переднего конуса с торцом носка вала. Снять хомут упора с заднего конуса.

Надеть на шлицы трубы маслопровода 48 специальный ключ и, нажимая на него вдоль оси вала, завернуть гайку переднего конуса. Окончательную затяжку гайки производить с усилием 100—120 кгс·м.

Установить контровочную втулку 53 на шлицы трубы маслопровода. Если два штифта 2, запрессованные во втулку 53, не входят в две засверловки цилиндра 5, то трубу маслопровода необходимо повернуть по ходу часовой стрелки на соответствующую величину.

Установить контровочную пластины 54 так, чтобы два ее загнутых зуба вошли в пазы втулки 53; завернуть и затянуть с усилием 15—20 кгс·м гайку 55 и законтрить ее, загнув один зуб пластины 54 в совпавший с ним паз гайки 55. Совмещение зуба контровочной пластины с пазом гайки осуществляется только подтяжкой последней.

Проверить биение лопастей в контрольном сечении, отмеченном на каждой лопасти желтой краской. Оно должно быть, как указывалось, не более 2 мм. При контроле биения лопасти должны находиться в положении малого шага.

При установке на двигатель нового винта или при замене одного винта другим перед окончательной его установкой необходимо проверить на краску посадку винта на заднем конусе. Для этого рабочая поверхность конуса смазывается тонким слоем синьки, разведенной на масле, винт устанавливается на вал двигателя в указанной выше последовательности. Гайка переднего конуса затягивается с усилием 100—120 кгс·м. Затем винт снимается с вала и по следам краски на ступице проверяется прилегание к ней заднего конуса. Площадь прилегания должна быть не менее 60% от площади рабочей поверхности конуса.

Если площадь прилегания мала, то задний конус поворачивается на 90—180° и проверка проводится вторично. При отрицательном результате и в этом случае конус необходимо заменить. Рабочие поверхности конуса и ступицы винта шабрить запрещается.

После проверки прилегания конуса на краску на ступице винта против разреза конуса необходимо нанести риску, которая является ориентиром при повторных постановках винта.

Затем необходимо запустить двигатель, проверить работу механизма винта и после остановки двигателя осмотреть винт в объеме послеполетного технического обслуживания. Когда двигатель остынет, нужно отвернуть гайку переднего конуса на пол оборота и вновь затянуть ее с усилием 100—120 кгс·м.

#### 5.4. УСТАНОВКА НА ДВИГАТЕЛЬ РЕГУЛЯТОРА ОБОРОТОВ

Установку регулятора Р-9СМ2 на двигатель необходимо производить в следующей последовательности:

— удалить консервирующую смазку с наружных поверхностей регулятора кистью или салфеткой, смоченной в бензине, после чего обдать их сжатым воздухом;

— проверить легкость вращения валика ручного управления (поворачивая рукой ролик) и ведущего валика (поворачивая его за муфту привода). Валики должны вращаться легко и без заеданий. Необходимо учитывать, что при температуре окружающего воздуха ниже 8—10° проворачивание ведущего валика от руки затруднено вследствие загустения масла в регуляторе. Чтобы это не привело к ошибочному заключению о неисправности регулятора, проверять легкость вращения ведущего валика нужно при комнатной температуре регулятора;

— проверить, нет ли грязи, рисок или забоин на плоскостях разъема привода РПО и регулятора оборотов;

— надеть регулятор на шпильки привода без прокладки и убедиться, что нижний торец его плотно, без зазора, прилегает к плоскости привода;

— снять регулятор со шпилек, положить на привод прокладку так, чтобы отверстия ее совпадали с каналами площадки привода, после чего окончательно установить и закрепить регулятор на двигателе. Гайки крепления регулятора затягивать равномерно, крест-накрест в два-три приема. Под гайки устанавливать стальные шайбы. Гайки контрить проволокой;

— проверить регулировку пакета балансировочной пружины. Для этого необходимо запустить и прогреть двигатель и рычагом сектора газа увеличить наддув до 1050 мм рт. ст. Число оборотов при этом не должно выходить из пределов 1800—2000 в минуту. Затем снизить наддув до получения 1500—1550 об/мин и вновь повысить до 1050 мм рт. ст. Увеличение и снижение наддува необходимо повторить четыре-пять раз. Если при наддуве 1050 мм рт. ст. число оборотов выходит из пределов 1800—2000 в минуту, необходимо снять корпус центробежного регулятора, вынуть из него зубчатую рейку и поставить новую регулировочную шайбу под пакет балансировочной пружины. Для увеличения числа оборотов надо поставить более толстую шайбу, для уменьшения — более тонкую. Изменение толщины шайбы на 1 мм изменяет число оборотов на 100 в минуту;\*

\* Указанная регулировка может быть произведена только представителем завода-поставщика или ремонтного завода.

— соединить тягу управления с регулятором и отрегулировать число оборотов двигателя при положении лопастей винта, на упоре малого и большого шага.

## 5.5. РЕГУЛИРОВАНИЕ УПОРОВ МАКСИМАЛЬНЫХ И МИНИМАЛЬНЫХ ОБОРОТОВ

На самолете Ан-2 управление винтом АВ-2 в пределах рабочего диапазона осуществляется с помощью рычага сектора шага винта, установленного на пульте в кабине пилотов. Перемещение рычага сектора ограничивается двумя упорами пульта: передним, который фиксирует положение сектора на самом малом шаге винта при взлетных оборотах коленчатого вала ( $2200 \text{ об/мин}$ ), и задним, когда полностью затягивается винт ( $1500—1550 \text{ об/мин}$ ).

Проводка управления положением поводка, установленного на валике РПО, смешанная (см. приложение 4), в ее состав входят тросы и жесткая тяга. Тяга системы управления непосредственно присоединяется к поводку. Поводок ручного управления регулятора оборотов имеет три окружных паза (прорези), в двух из которых установлены регулируемые упоры малого и большого шага, к третьему крепится тяга проводки управления. При вращении поводка упоры касаются упорной пластины, закрепленной на шпильках верхнего корпуса регулятора, ограничивают его дальнейший поворот и силу сжатия конической пружины регулятора.

После установки регулятора на двигатель положение упоров необходимо отрегулировать так, чтобы при крайнем переднем положении рычага сектора шага винта на пульте управления винт находился на самом малом шаге и двигатель развивал взлетные обороты. При крайнем заднем положении рычага винт должен переходить на самый большой шаг (полностью затягиваться). При этом двигатель должен иметь частоту вращения коленвала  $1500—1550 \text{ об/мин}$ .

Упор максимальных оборотов регулируется в следующей последовательности:

- установить рычаг сектора шага винта в крайнее переднее положение (малый шаг — максимальные обороты);
  - расшплинтовать и ослабить гайки упоров на поводке регулятора;
  - повернуть поводок регулятора против хода часовой стрелки (смотря со стороны поводка) до прощелкивания рейки, после чего повернуть его в обратную сторону на  $4—5^\circ$ ;
  - подвести упор максимальных оборотов по прорези поводка так, чтобы он соприкасался с упорной пластиной, и закрепить его в таком положении гайкой;
  - соединить тягу управления с поводком регулятора оборотов, предварительно проверив натяжение тросов управления тензометром. Оно должно быть в пределах  $4—6 \text{ кгс}$ ;
  - запустить и прогреть двигатель. Установить сектором газа  $1850—1900 \text{ об/мин}$  и, не трогая его, перевести винт летом два-три раза, а зимой пять-шесть раз с малого на большой шаг ( $1500—1550 \text{ об/мин}$ ) и обратно для прогрева масла в цилиндровой группе винта;
  - плавно увеличить наддув до  $1050 \text{ мм рт. ст.}$  и заметить число оборотов, развиваемое двигателем. Оно должно быть в пределах  $2180—2220 \text{ об/мин}$ . При перемещении рычага сектора винта на  $2—4 \text{ мм}$  от переднего крайнего положения число оборотов должно уменьшаться на  $20—30$  в минуту.

Если число оборотов будет больше указанных выше, необходимо рычаг винта перевести «на себя» до получения  $2180—2220 \text{ об/мин}$  и, не трогая его, остановить двигатель. Затем ослабить гайку крепления упора максимальных оборотов на поводке и, переместив упор по пазу поводка до соприкосновения с упорной пластиной, закрепить его гайкой. Ослабив тандером нижний трос управления регулятором (или изменяя длину тяги), переместить сектор винта в кабине пилота «от себя» до упора вперед, после чего отрегулировать натяжение тросов.

Запустив двигатель и снова проверив число оборотов на режиме полного газа, убедиться, что они находятся в пределах  $2180—2220 \text{ об/мин}$ .

Если число оборотов будет меньше  $2180$  в минуту, необходимо ослабить верхний трос управления, ослабить упор на поводке и при переднем крайнем положении рычага сектора винта повернуть поводок на  $2—3^\circ$  против хода часовой стрелки. После этого подвести подвижный упор к упорной пластине, закрепить его и, запустив двигатель, убедиться, что число оборотов находится в пределах  $2180—2220$  в минуту.

Если число оборотов находится в пределах  $2180—2220$  в минуту, но при некотором перемещении рычага сектора винта «на себя» от переднего крайнего положения число оборотов не уменьшается — происходит «зависание» оборотов, то необходимо проделать следующее: перемещая рычаг сектора «на себя», зафиксировать его положение, при котором обороты начинают снижаться, и остановить двигатель; ослабить гайку подвижного упора на поводке и, подведя упор к упорной пластине, закрепить его; ослабить нижний трос управления и, удерживая поводок на упоре, переместить рычаг сектора винта «от себя» до упора; отрегулировать натяжение тросов и, запустив двигатель, убедиться, что число оборотов находится в пределах  $2180—2220$  в минуту и что при перемещении рычага сектора винта «на себя» на  $2—4 \text{ мм}$  от переднего крайнего положения (при  $r_k = 1050 \text{ мм рт. ст.}$ ) число оборотов снижается на  $20—30$  в минуту. Это устраняет возможность раскрутки винта при взлете, так как при указанных выше оборотах золотник занимает нейтральное положение, и когда при взлете за счет роста скорости обороты превышают норму, золотник поднимается вверх, обеспечивая соответствующее увеличение шага винта и поддержание равновесных оборотов  $2180—2220$  в минуту.

Регулирование упора минимальных оборотов производится в следующем порядке: на работающем двигателе при числе оборотов 1850—1900 в минуту на малом шаге винта медленно перемещать рычаг сектора винта «на себя» до получения 1500—1550 об/мин, после чего, не меняя его положения, остановить двигатель, подвести упор минимальных оборотов на поводке до соприкосновения с упорной пластиной и закрепить упор гайкой.

После проведения регулировки упоров максимальных и минимальных оборотов необходимо двигатель опробовать:

На режиме малого газа, мин ..... 2

При взлетном режиме, сек ..... 5

Затем установить давление наддува 770—820 мм рт. ст., затяжелить винт до 1600—1800 об/мин и проверить работу регулятора оборотов на равновесных оборотах в течение 2 мин.

Для проверки устойчивости равновесных оборотов необходимо плавно перемещать рычаг сектора газа «на себя» и «от себя» так, чтобы давление наддува соответственно уменьшалось или увеличивалось на 50—70 мм рт. ст. по сравнению с исходным. Число оборотов при этом изменяться не должно. При резких движениях сектора газа число оборотов должно отклоняться от равновесных на 100—200 в минуту и возвращаться к ним через 1,5—2 сек.

Кроме того, необходимо два-три раза перевести винт с малого шага на большой и обратно. Для этого нужно установить сектором газа 1850 об/мин на малом шаге винта и убедиться, что при перемещении рычага сектора шага «на себя» до упора число оборотов быстро снижается до 1500—1550, а «от себя» до упора — быстро возрастает до 1850 об/мин.

## 5.6.НЕИСПРАВНОСТИ РЕГУЛЯТОРА ОБОРОТОВ Р-9СМ2, ИХ ОПРЕДЕЛЕНИЕ И УСТРАНЕНИЕ

К числу основных неисправностей регулятора оборотов Р-9СМ2, встречающихся в эксплуатации, относятся следующие:

**1.Течь масла по разъемам корпуса регулятора.** Причиной неисправности обычно является разрушение уплотнительных паронитовых прокладок. В этом случае регулятор подлежит замене.

**2.Течь масла по разъему корпусов регулятора и его привода.** Причина неисправности — ослабление затяжки гаек крепления регулятора или повреждение паронитовой прокладки. Для устранения неисправности необходимо расконтрить гайки и подтянуть их равномерно крест-накрест. После этого протереть насухо место разъема, запустить двигатель, прогреть его и, сделав несколько переключений лопастей винта, остановить двигатель. Если неисправность устранена — законтрить гайки. В противном случае нужно заменить прокладку и вновь, запустив двигатель, проверить герметичность разъема. Заменой прокладки дефект устраняется.

**3.Течь масла по валику ручного управления.** Причиной неисправности является ослабление затяжки манжетной гайки или повреждение (или износ) манжеты. Если неисправность не устраниается подтяжкой гайки, то регулятор необходимо заменить,

**4.Разрушение валика ручного управления.** В этом случае винт не реагирует на перемещение рычага сектора шага. Если разрушение валика произошло во время взлета, то число оборотов двигателя не превышает 1800—2000 в минуту. В крейсерском полете разрушение валика сопровождается быстрым уменьшением числа оборотов вследствие увеличения шага винта под действием момента противовесов. Чем больше число оборотов, меньше высота и скорость, на которых производится полет, тем больше уменьшается число оборотов.

Аналогичным образом винт ведет себя при обрыве или рассоединении тяги управления регулятором и при срезе зубьев шестерни валика ручного управления. Уменьшение оборотов в крейсерском полете может также произойти в результате прекращения подачи масла к регулятору оборотов из-за общего падения давления масла в двигателе или засорения фильтра привода регулятора.

**5.Заедание золотника регулятора.** При заедании золотника винт также не реагирует на перемещение рычага сектора управления шагом. Если золотник заело в нижнем положении, то винт не затягивается при переводе сектора «на себя». На взлете это вызывает раскрутку винта, так как лопасти его зафиксированы на упоре малого шага и не сходят с него при нарастании скорости, что сопровождается увеличением оборотов выше взлетных. В крейсерском полете заедание золотника в нижнем положении вызывает быстрый переход винта на самый малый шаг и соответствующее увеличение числа оборотов. Снижение оборотов в этом случае возможно только уменьшением давления наддува.

Заедание золотника в верхнем положении может быть обнаружено или при опробовании двигателя (винт не переводится на малый шаг после его затяжеления), или в крейсерском полете. В этом случае происходит быстрая «усадка» оборотов в результате перехода винта на самый большой шаг под действием давления масла и неуравновешенного момента противовесов. Увеличить обороты двигателя в этом случае возможно путем увеличения давления наддува, скорости и высоты полета.

**6.Заедание механизма ручного управления регулятора (валика или рейки).** Внешние признаки этой неисправности такие же, как и в предыдущем случае.

**7.Износ зубьев валика и рейки ручного управления.** Неисправность сопровождается колебаниями

оборотов в крейсерском полете (до 50—100 *об/мин*). Причиной нестабильности оборотов может быть также наличие люфтов в системе управления регулятором или сползание рычага сектора управления винтом на пульте управления.

## **Вопросы к контрольной работе № 1.**

1. Изобразите графически часть индикаторной диаграммы, соответствующей рабочему процессу впуска, объясните, каким образом в процессе впуска обеспечивается увеличение весового заряда.
2. Изобразите графически часть индикаторной диаграммы, соответствующую рабочему процессу сжатия. Дайте определение понятия «степень сжатия» и, используя индикаторную диаграмму, поясните, к чему приводит увеличение степени сжатия двигателя.
3. Изобразите графическую часть индикаторной диаграммы, соответствующую рабочему процессу сгорания. Дайте определение понятия «качество смеси» и как количественно оценивается качество смеси. Объясните, какое влияние на работу двигателя оказывает качество смеси.
4. Дайте определение термина «коэффициент избытка воздуха». Каким значениям коэффициента избытка воздуха соответствует «богатая» и «бедная» смесь. При каком коэффициенте избытка воздуха двигатель имеет максимальную мощность, минимальный удельный расход топлива.
5. Изобразите графически часть индикаторной диаграммы, соответствующую процессу расширения. Объясните, почему открытие выпускного клапана осуществляется до прихода поршня НМТ.
6. Начертите индикаторную диаграмму и нанесите на неё точки, соответствующие моментам воспламенения топливно-воздушной смеси и закрытия выпускного клапана. Объясните, почему эти точки не соответствуют положению поршня в ВМТ.
7. Начертите диаграмму фаз газораспределения и укажите на ней угол, соответствующий перекрытию клапанов. Объясните, с какой целью осуществляется перекрытие клапанов.
8. Начертите индикаторную диаграмму и нанесите на неё точки, соответствующие моментам открытия выпускного клапана и закрытия выпускного клапана. Объясните, почему эти точки не совпадают с моментом нахождения поршня в НМТ.
9. Начертите график зависимости эффективной мощности и удельного расхода топлива от оборотов двигателя при изменении положения дроссельной заслонки. Как называется эта зависимость и чем объясняется характер изменения удельного расхода топлива по оборотам.
10. Назовите параметры, характеризующие режим работы двигателя. Какие режимы работы установлены для двигателя АШ-62ИР, и какова длительность непрерывной работы двигателя на этих режимах?
12. Дайте определение термина «высотная характеристика», начертите высотную характеристику двигателя АШ-62ИР и объясните, почему с ростом высоты полета эффективная мощность двигателя до расчетной высоты возрастает, а затем снижается.
13. Дайте определение термина «винтовая характеристика». Начертите винтовую характеристику и укажите на ней точку, соответствующую взлетному режиму работы двигателя. Какие параметры (эффективная мощность, давление наддува, частота вращения коленвала) соответствуют взлетному режиму?
14. Дайте определение понятия «внешняя характеристика двигателя», начертите внешнюю характеристику и наложите на неё винтовую характеристику (т.е. начертите на одном графике обе характеристики). Какому режиму соответствует точка пересечения характеристик, и какими параметрами (эффективная мощность, удельный расход топлива...) характеризуется этот режим.
15. Назначение цилиндрово - поршневой группы двигателя. Укажите число цилиндров, степень сжатия, рабочий объем цилиндров двигателя. Объясните, как влияет рабочий объем цилиндров на мощность двигателя. Используя индикаторную диаграмму двигателя, объясните влияние степени сжатия на Ni.

### **Дополнительные вопросы для студентов, имеющих задолженности:**

1. Начертите в Р-В координатах графики изменения параметров газа в цилиндре ПД при идеальном рабочем цикле. Чему эквивалентна площадь внутри этих графиков?
2. При каких условиях возможно воспламенение и горение топлива?
3. Основные этапы горения топливовоздушной смеси.
4. Что называется углом опережения зажигания, от каких факторов зависит его величина?
5. Какие причины приводят к детонационному горению ТВС в цилиндрах ПД?
6. Внешние признаки и последствия детонационного горения ТВС в цилиндрах ПД.
7. Какие причины возникновения преждевременной вспышки ТВС в цилиндрах ПД?

8. Какое влияние оказывает коэффициент избытка воздуха на количество выделяющегося тепла, температуру продуктов сгорания, скорость горения ТВС?
9. Какие последствия горения в цилиндрах ПД бедной смеси?
10. Какие последствия горения в цилиндрах ПД богатой смеси?
11. Как обеспечиваются необходимые условия для воспламенения ТВС в цилиндрах ПД при запуске двигателя?
12. Что называется весовым зарядом, и как можно влиять на его величину?
13. На какие периоды подразделяется процесс газообмена ПД? Объясните назначение каждого из этих периодов.
14. Что характеризует коэффициент наполнения, по какой формуле он рассчитывается?
15. Что называется средним индикаторным давлением? Как, зная величину среднего индикаторного давления рассчитать мощность двигателя?
16. Дайте определение индикаторным параметрам ПД:  $N_i$ ,  $\eta_i$ ,  $C_i$ .
17. Дайте определение эффективным параметрам ПД:  $N_e$ ,  $\eta_m$ ,  $\eta_e$ ,  $C_e$ .
18. Начертите графики внешней характеристики ПД. Укажите, при каких условиях эти графики были получены.
19. Начертите графики винтовой характеристики ПД. Укажите, при каких условиях эти графики были получены.
20. Начертите графики высотной характеристики ПД. Укажите, при каких условиях эти графики были получены.

## **Вопросы к контрольной работе №2.**

### **«Цилиндрово-поршневая группа»**

1. Состав ЦПГ и назначение деталей ЦПГ. Устройство цилиндра, нагрузки, действующие на цилиндр. Объясните понятие «деформационное сужение», с какой целью оно выполняется.
2. Назначение, условия работы и конструкция поршня. Нагрузки, действующие на поршень при работе двигателя.
3. Назначение и конструкция поршневых колец, размещение колец на поршне. Объясните, почему форма поперечного сечения колец различна. Поясните «насосное действие» колец, его положительное и отрицательное влияние.

### **«Шатунный механизм»**

1. Назначение, основные элементы конструкции (детали) кривошипно-шатунного механизма (КШМ). Особенности кинематики КШМ звездообразного двигателя.
2. Назначение и конструкция шлицевого замка и бокового уплотнения кривошипной головки главного шатуна. Объясните, почему втулка кривошипной головки растачивается по гиперболе и как осуществляется смазка втулки.

### **«Коленвал»**

1. Назначение и состав коленвала. Назначение конструктивных элементов: отверстий, шлицов, резьбы, ступиц коленвала. Как соединяются части коленвала между собой?
2. Назначение и конструкция демпфера коленвала, соединение демпфера с коленвалом.

### **«Редуктор»**

1. Конструкция ведущей и неподвижной шестерен редуктора. Схема подачи масла на смазку зубчатого зацепления сателлитов с ведущей и неподвижными шестернями.
2. Конструкция вала воздушного винта. Конструкция сателлитов и крепление их на валу винта, смазка осей сателлитов.
3. Назначение и основные элементы конструкции (детали) редуктора. Кинематическая схема редуктора.

### **«Механизм газораспределения»**

1. Назначение и конструкция кулачковой шайбы механизма газораспределения. Как осуществляется привод (вращение) кулачковой шайбы и смазка опоры (подшипника) кулачковой шайбы?
2. Назначение и конструкция привода механизма газораспределения. Объясните, как осуществляется регулировка зазора в зубчатом соединении кулачковой шайбы с двойной шестерней.
3. Назначение механизма газораспределения, его состав и назначение отдельных деталей. Конструкция рычага клапана и смазка его подшипника.
4. Объясните необходимость зазора в деталях механизма газораспределения, какова величина зазора на «холодном» (остановленном) двигателе и при его работе. Каким образом осуществляется регулировка зазора?

### **«Нагнетатель»**

1. Назначение и принцип работы центробежного нагнетателя, схема подачи ТВС в цилиндры двигателя. Объясните, за счет чего мощность двигателя до расчетной высоты несколько возрастает, а затем падает.
2. Назначение, конструкция и работа комбинированного клапана нагнетателя.
3. Укажите основные элементы конструкции (детали) нагнетателя и их назначение. Начертите график изменения параметров топливно-воздушной смеси (ТВС) при ее движении от карбюратора до цилиндров и объясните, чем обусловлено изменение параметров ТВС.
4. Начертите кинематическую схему и укажите основные детали привода крыльчатки нагнетателя. Объясните, почему крыльчатка вращается с большими, чем коленвал оборотами. Опишите конструкцию валика крыльчатки нагнетателя.
5. Назначение и конструкция уплотнения валика привода крыльчатки центробежного нагнетателя. Поясните, что является опорами валика привода и как осуществляется смазка опор.

### **«Картер и приводы»**

1. Из каких частей состоит картер двигателя. Поясните, какие агрегаты устанавливаются в центральной расточке каждой из частей картера.
2. Назначение и конструкция валика привода агрегатов, соединение валика привода с коленвалом.

### Вопросы к контрольной работе №3.

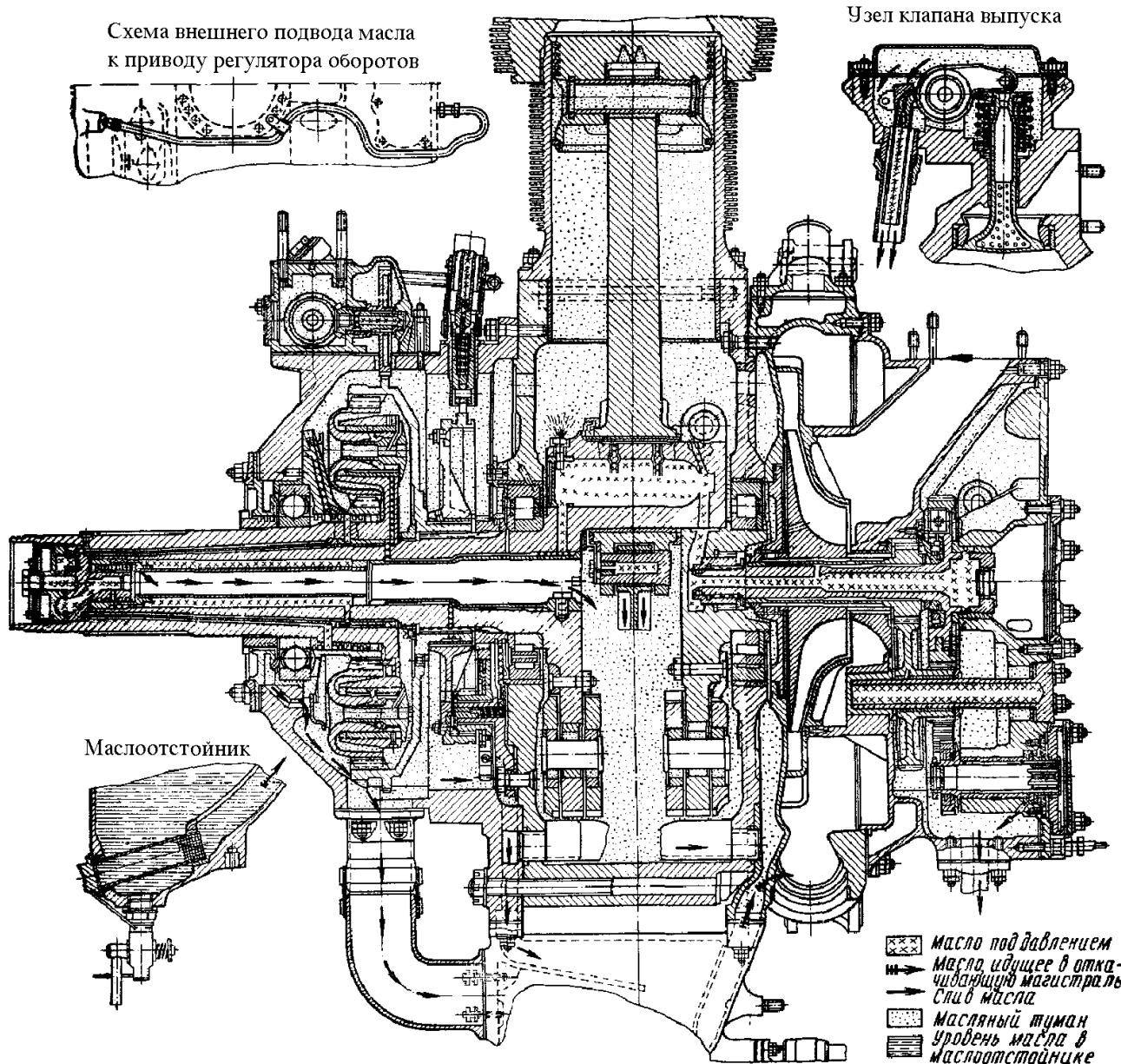
1. Назначение маслосистемы двигателя, основные способы смазки трущихся деталей двигателя АШ-62ИР. Объясните, куда подводится масло от нагнетающей ступени МШ-8 и как оно поступает на вход откачивающей ступени МШ-8.
2. Назначение и основные элементы конструкции маслофильтра МФМ-25. Объясните, используя плакат, как циркулирует масло через маслофильтр при нормальной работе. К чему приведет сильное загрязнение фильтра?
3. Назначение, основные элементы конструкции и принцип работы маслонасоса МШ-8
4. Состав и назначение агрегатов маслосистемы двигателя, масло, применяемое для смазки двигателя. Циркуляция масла в замкнутом контуре «двигатель-маслобак».
5. Объясните, почему полость картера двигателя необходимо сообщать с атмосферой. Как осуществляется сообщение полостей картера между собой и с атмосферой, как называется эта система?
6. Назначение, конструкция и работа редукционного клапана маслонасоса МШ-8. Объясните, как изменится работа насоса при отказе клапана: вследствие его заедания в закрытом положении; при поломке пружины. Можно ли с помощью приборов контроля работы масло системы обнаружить эти отказы?
7. Назначение и конструкция перепускного клапана маслофильтра МФМ-25. Объясните, к чему может привести заедание клапана в закрытом положении. Почему при очистке фильтра без снятия с двигателя рукоятку фильтра необходимо поворачивать против часовой стрелки (по направлению стрелки на крышке фильтра)?
8. Назначение и основные элементы конструкции узла клапанов насоса БНК-12. Работа редукционного и перепускного клапанов насоса при изменении Рст и Ро.
9. Назначение и работа экономайзера, ускорительной системы и стоп-крана карбюратора. Объясните, почему остановить двигатель стоп-краном можно при оборотах не более 1000-1200 об/мин.
10. Назначение, основные элементы конструкции и работа главной дозирующей системы карбюратора. Изобразите график изменения  $\alpha$  по оборотам при работе главной дозирующей системы и объясните характер изменения  $\alpha$  по оборотам.
11. Назначение и основные элементы конструкции бензонасоса БНК-12. Конструкция и работа качающего узла насоса, зависимость производительности на выходе от оборотов. Назначение редукционного клапана насоса.
12. Назначение, основные элементы конструкции и работа поплавкового механизма карбюратора. Объясните, как влияет уровень топлива на состав смеси и какое влияние на уровень топлива оказывает: давление в воздушной полости поплавковой камеры, вес поплавка, диаметр главного топливного жиклера, положение дроссельной заслонки, давление бензина на входе в поплавковую камеру. Ответы сопроводите объяснениями.
13. Назначение, основные элементы конструкции и работа системы малого газа карбюратора. Изобразите график изменения  $\alpha$  по оборотам при работе системы малого газа. Как осуществляется регулировка качества смеси на оборотах малого газа? Объясните, за счет чего изменяется при этом состав смеси.
14. Назначение, основные элементы конструкции и работа высотного корректора карбюратора. Объясните, как будет изменяться состав смеси с увеличением высоты полета в случае нарушения герметичности сильфона (например, появление трещины в сильфоне).
15. Назначение и основные элементы конструкции распределителя магнето. Объясните, почему бегунок распределителя вращается в два раза медленнее коленвала. Каково взаимное расположение электродов бегунка и чем это обусловлено? Укажите, в каком порядке расположены по окружности контакты высоковольтных проводов идущих к запальным свечам.
16. Конструкция ротора магнето. Назначение, основные элементы конструкции и работа автомата опережения зажигания.
17. Состав и назначение основных элементов конструкции магнето БСМ-9. Кинематическая схема магнето. Объясните, почему передаточное отношение от двигателя к ротору магнето 9:8, а ротора магнето к кулачковой шайбе прерывателя 4:9.
18. Назначение и конструкция элементов магнитной системы магнето БСМ-9. Дайте объяснение понятию «угол абриса магнето». Какое значение для работы магнето имеет угол абриса?
19. Состав и назначение агрегатов системы зажигания двигателя АШ-62ИР. Управление работой системы зажигания из кабины пилотов (переключатель магнето, кнопка запуска).
20. Назначение и конструкция запальной свечи СД-48, назначение демпфирующего сопротивления свечи. Какое значение имеет величина зазора между электродами свечи?
21. Состав и назначение агрегатов электрической цепи магнето БСМ-9. Объясните, почему при установке переключателя магнето (см. схему магнето) в положение «включено» (соответствует положению переключателя в кабине «0») зажигание выключено.

## Вопросы к контрольной работе №4.

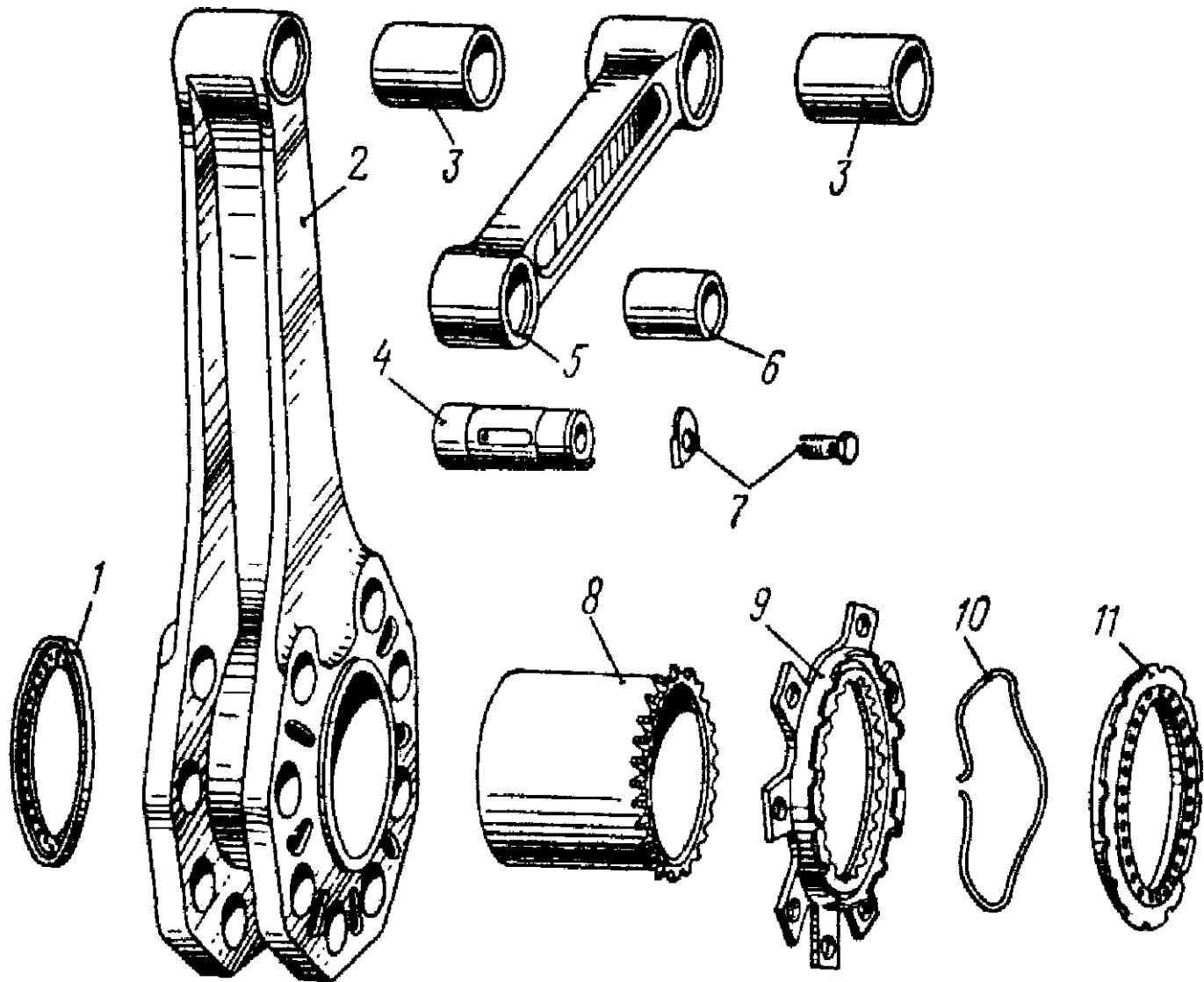
1. Состав и назначение агрегатов системы запуска двигателя АШ-62ИР.
2. Состав и назначение узлов стартера РИМ-У-24ИР.
3. Летчик переместил кнопку КС-3 «на себя», перечислите все последствия.
4. Летчик переместил кнопку КС-3 «от себя», перечислите все последствия.
5. Действия экипажа и работа агрегатов системы запуска при ручном запуске двигателя АШ-62ИР.
6. Действия экипажа и работа агрегатов системы запуска при электрическом запуске двигателя АШ-62ИР.
7. Как изменится работа стартера РИМ-У-24 в случаях:
  - жесткого соединения вала электродвигателя с маховиком (без автоматической муфты);
  - разрушения пружины фрикционной муфты;
  - разрушения пружины механизма включения.
8. Состав силовой части регулятора постоянных оборотов и назначение ее элементов. Как изменится работа системы «в/винт –РПО» при отсутствии в составе силовой части РПО перегрузочного клапана.
9. Используя схему работы системы «в/винт –РПО», опишите её работу при отклонении фактических оборотов от равновесных. Объясните, что произойдет, если в полете нарушится (рассоединится) связь рычага управления в/винтом в кабине пилотов с РПО.
10. Состав и назначение элементов регулятора постоянных оборотов. Объясните, как скажется на работе системы «в/винт –РПО» изменение массы противовесов, устанавливаемых на лопастях в/винта.
11. Основные элементы конструкции в/винта и их назначение. Силы, действующие на лопасть в/винта и их влияние на величину установочного угла лопасти.
12. Устройство и работа узла центробежного регулятора РПО. Объясните, что изменится работе системы «в/винт – РПО» в случае поломки конической пружины узла центробежного регулятора.
13. Устройство и назначение механизма ручного управления РПО. Каким образом на работе механизма ручного управления РПО скажется изменение усилия предварительной затяжки пружины балансировочного пакета в узле центробежного регулятора.
14. Назначение и принцип работы воздушного винта. Что такое геометрическая крутка лопастей в/винта и ее назначение.
15. При скорости полета самолета 180 км/ч и оборотах коленвала 2000 об/мин угол атаки элемента лопасти, расположенного в контрольном сечении равен 0. Определите, каков угол установки сечения лопасти, расположенного на  $0,75 R$  ( $R = 1,8$  м).
16. Определите скорость полета самолета при условии: обороты коленвала двигателя 1800 об/мин, угол атаки лопастей  $3^\circ$ , угол установки лопастей на радиусе  $0,75R$   $15^\circ$  (радиус лопасти  $R = 1,8$  м).
17. Определите угол установки сечения лопасти на радиусе  $r = 1,5$  м при следующих условиях:
  - скорость полета 150 км/ч;
  - обороты коленвала двигателя 1400 об/мин;
  - угол атаки сечения лопасти  $\alpha = 0$ .
18. Какова разность между углами установки концевых и корневых сечений лопастей, работающих с углом атаки  $\alpha = 3^\circ$ , при следующих условиях:
  - скорость полета 180 км/ч;
  - обороты коленчатого вала 1750 об/мин.

- (Радиусы корневого сечения и концевого сечения равны, соответственно, 0,4 м и 1,75 м).
19. Определите угол атаки сечения лопасти на радиусе  $r = 1,5$  м при следующих условиях:  
- скорость полета 160 км/ч;  
- обороты коленчатого вала 1400 об/мин;  
- угол установки сечения лопасти  $17^\circ$ .
20. Каковы должны быть обороты коленчатого вала двигателя при работе лопастей винта с наивыгоднейшим углом атаки  $3^\circ$  при следующих условиях:  
- скорость полета 150 км/ч;  
- угол установки сечения лопасти на радиусе  $r = 1,5$  м равен  $18^\circ$ .
21. При какой скорости полета угол атаки лопасти равен  $0^\circ$ , если известно, что:  
- обороты коленчатого вала 1600 об/мин;  
- угол установки сечения лопасти на радиусе  $r = 1,6$  м равен  $15^\circ$ .

## ПРОДОЛЬНЫЙ РАЗРЕЗ ДВИГАТЕЛЯ АШ-62 ИР

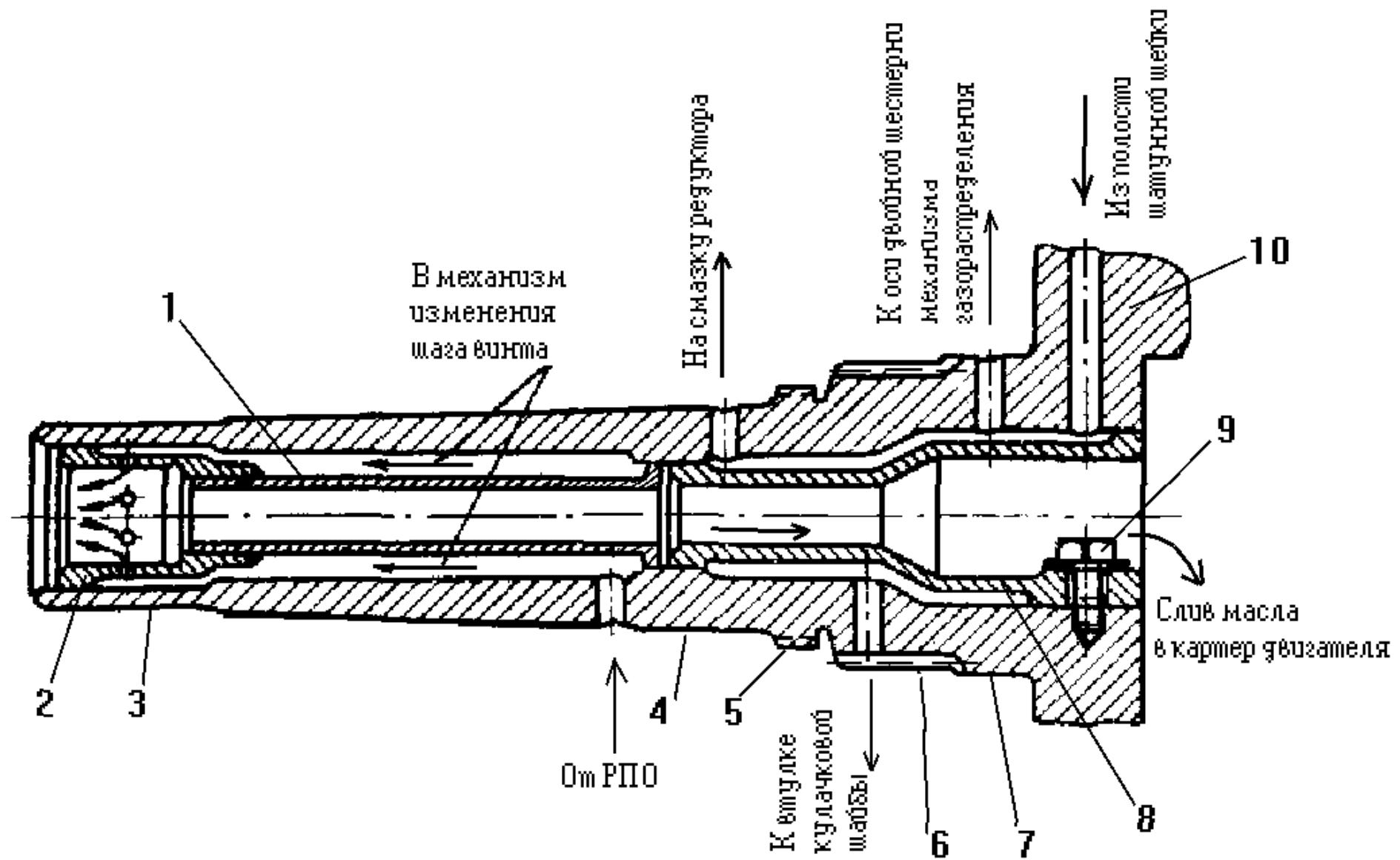


## Детали шатунов.



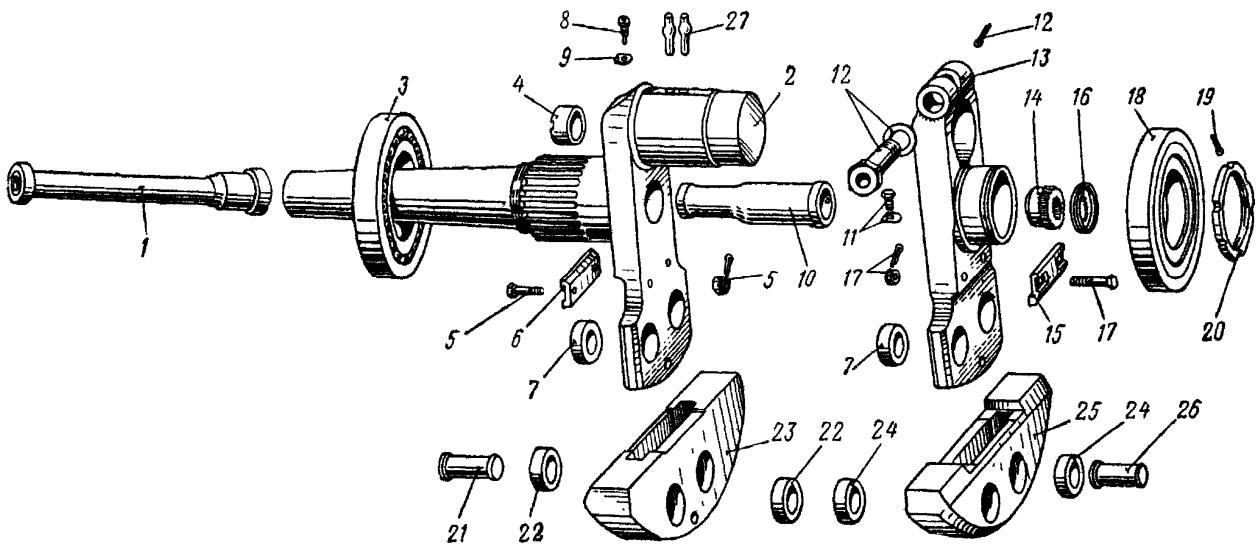
1 — заднее кольцо главного шатуна; 2 — главный шатун; 5 — втулка поршневой головки главного и прицепных шатунов; 4 — палец прицепного шатуна; 5 — прицепной шатун; 6 — втулка кривошипной головки прицепного шатуна; 7 — болт и замок для крепления замка втулки главного шатуна; 8 — втулка главного шатуна; 9 — замок втулки главного шатуна; 10 — пружина; 11 — переднее кольцо главного шатуна.

## Носок коленчатого вала



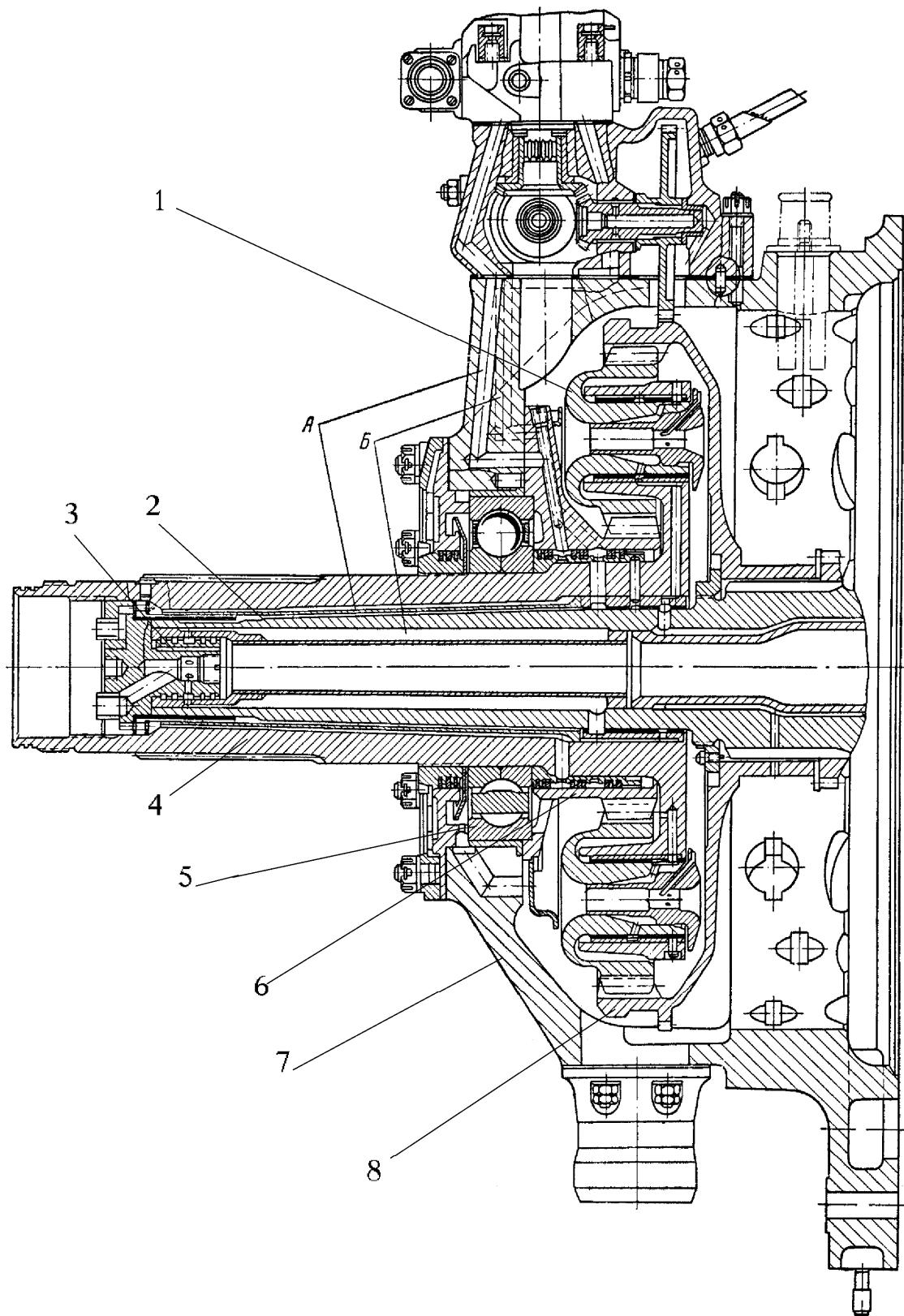
1 - труба;  
2 - 3,4 - цилиндрическая шейка;  
5 - резьба;  
6 - шлизы;  
7 - передняя коренная шейка коленвала;  
8 - стакан;  
9 - болт;  
10 - передняя щека коленвала

## Детали коленчатого вала.



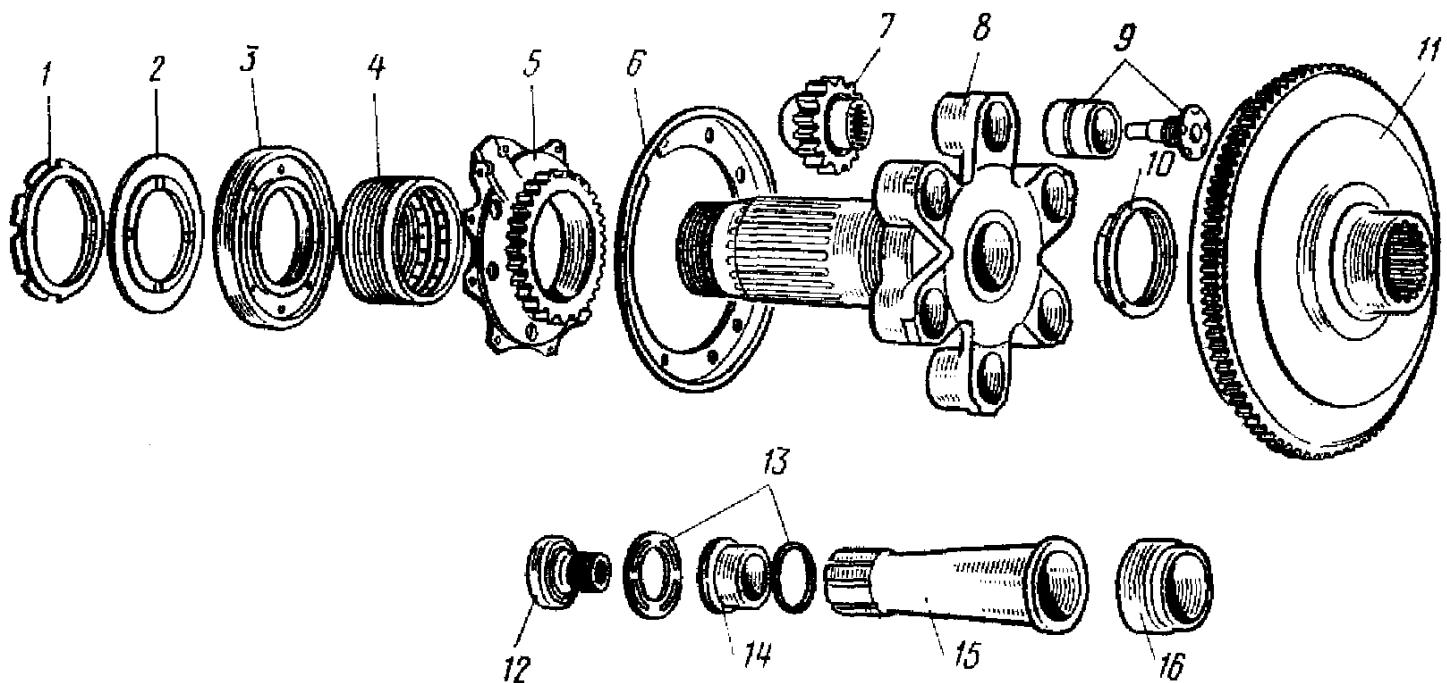
1 — труба; 2 — передняя часть коленчатого вала; 3 — передний роликоподшипник коленчатого вала; 4 — пробка шатунной шейки; 5— болт, гайка и шплинт крепления ограничителя переднего противовеса; 6— ограничитель переднего противовеса; 7 — втулка передней и задней щек коленчатого вала; 8 — винт-жиклер; 9 — замок; 10 —стакан коленчатого вала;11 — болт и замок для крепления стакана коленчатого вала; 12 — болт, шайба и шплинт коленчатого вала; 13 — задняя часть коленчатого вала; 14 — муфта вала передачи к агрегатам и самопуску; 15 — ограничитель заднего противовеса; 16 — гайка крепления муфты вала передачи к агрегатам и самопуску, 17 — болт, гайка и шплинт для крепления ограничителя заднего противовеса; 18 — задний роликоподшипник коленчатого вала; 19 — шплинт для контровки гайки заднего роликоподшипника; 20 — гайка для крепления заднего роликоподшипника; 21 — палец переднего противовеса; 22 — втулка переднего противовеса; 23 — противовес передний; 24—втулка заднего противовеса; 25 — противовес задний; 26 — палец заднего противовеса; 27 — маслоподводящая трубка

## Редуктор двигателя



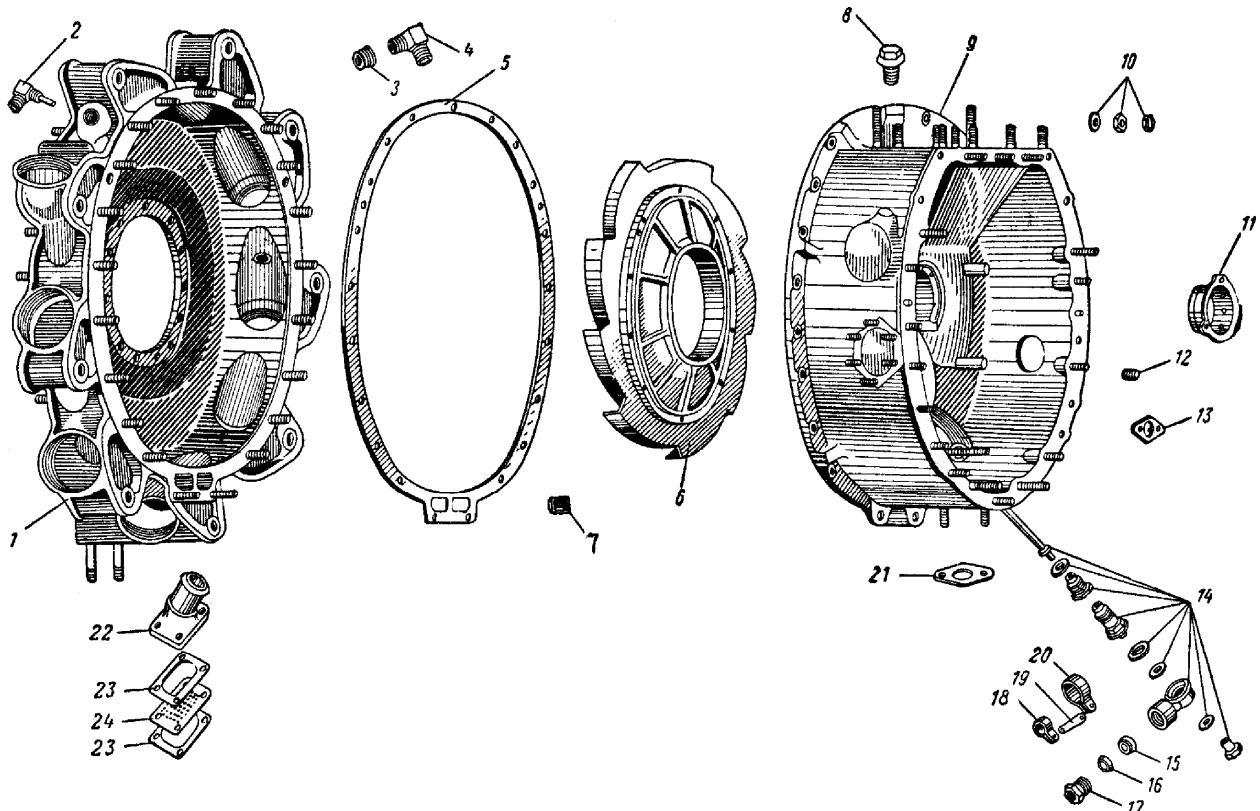
1 — сателлит; 2 — носок коленвала; 3 — маслораспределительная втулка; 4 — вал винта; 5 — упорный подшипник; 6 — неподвижная шестерня; 7 — носок картера; 8 — ведущая шестерня.  
А, Б — каналы подвода масла в механизм изменения шага винта.

## Детали редуктора



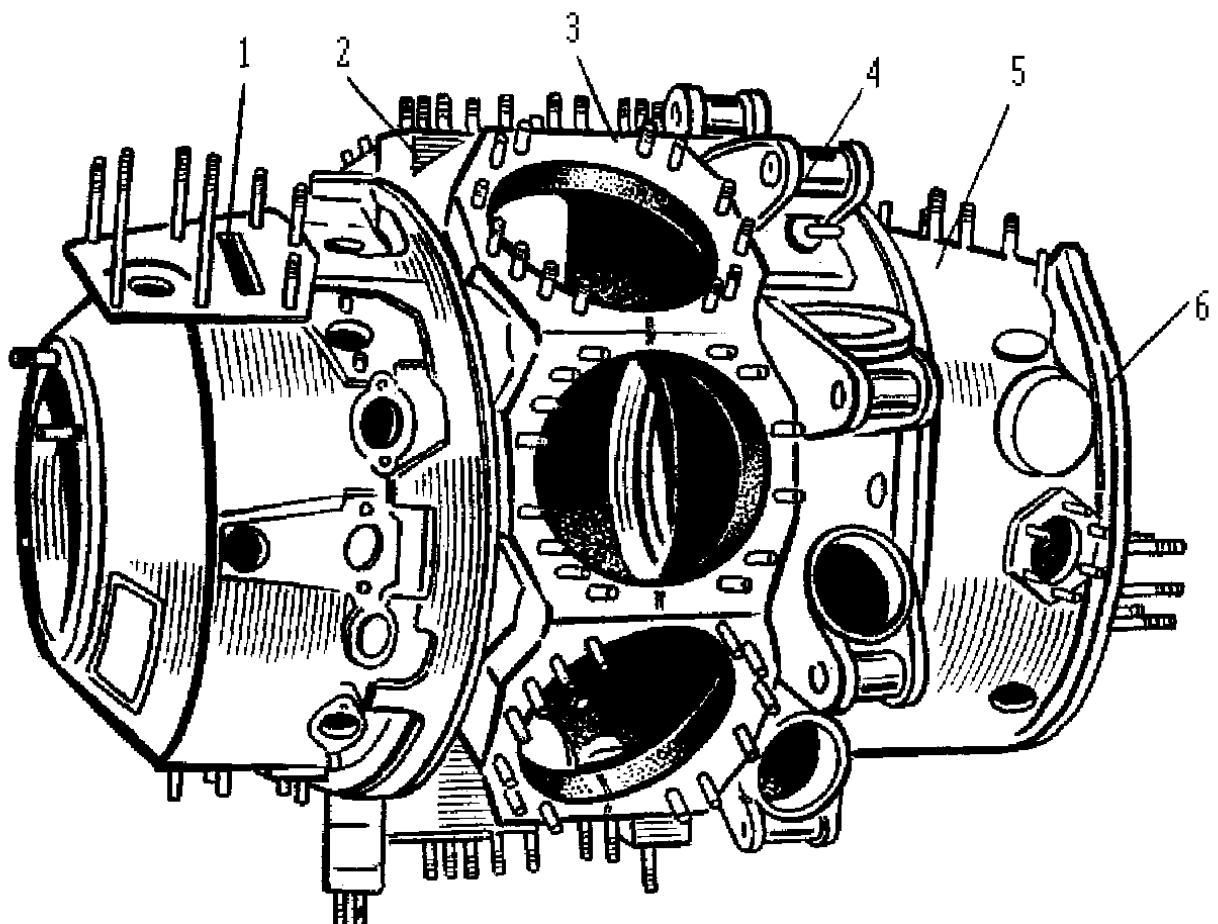
1 — гайка упорного подшипника; 2 — маслоотражатель; 3 — упорный подшипник; 4 — распорная втулка упорного подшипника; 5 — неподвижная шестерня; 6 — предохранительное кольцо сателлитов; 7 — сателлит; 8 — вал винта; 9 — втулка и гайка сателлита; 10 — гайка крепления ведущей шестерни; 11 — ведущая шестерня; 12 — маслораспределительная втулка; 13 — прокладки; 14 — передняя втулка вала винта; 15 — гильза вала винта; 16 — задняя втулка вала винта

## Детали корпуса нагнетателя.



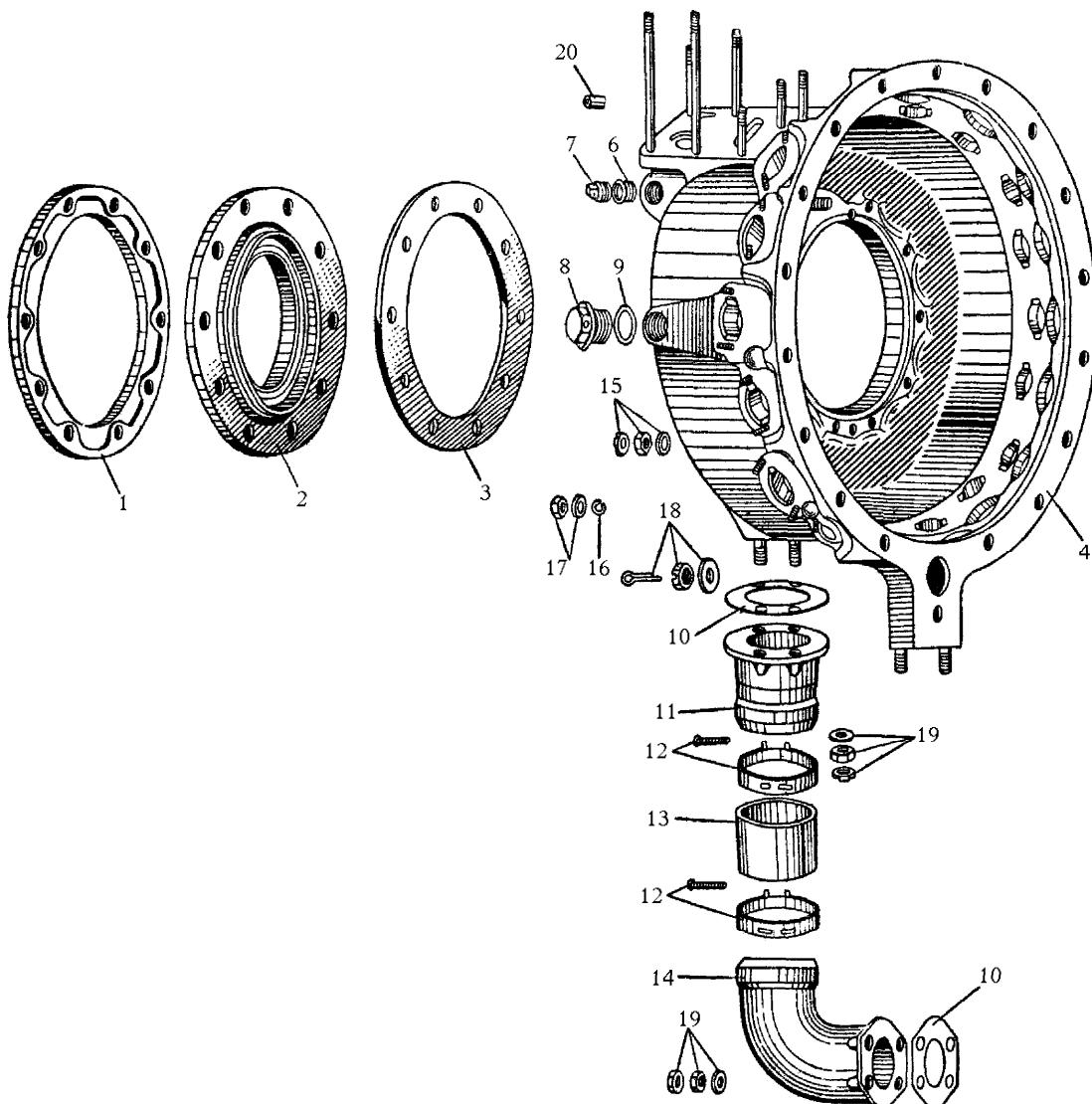
1 — передний корпус нагнетателя; 2 — колено для заливки бензина; 3 — футортка; 4 — колено для присоединения приемника манометра; 5 — прокладка под задний корпус нагнетателя; 6 — диффузор; 7 — заглушка; 8 — суплер задней половины корпуса нагнетателя; 9 — задний корпус нагнетателя; 10 — шайба, гайка и контровочная гайка; 11 — втулка под маслоуплотнительные кольца задней втулки нагнетателя; 12 — втулка; 13 — прокладка для заднего корпуса нагнетателя; 14 — детали комбинированного клапана нагнетателя; 15 — кольцо уплотнительное; 16 — кольцо конусное; 17 — штуцер; 18, 20 — хомутки; 19 — серьга; 21 — прокладка; 22 — суплер передней половины корпуса нагнетателя; 23 — прокладки под фильтр суплера; 24 — фильтр суплера.

## Картер двигателя



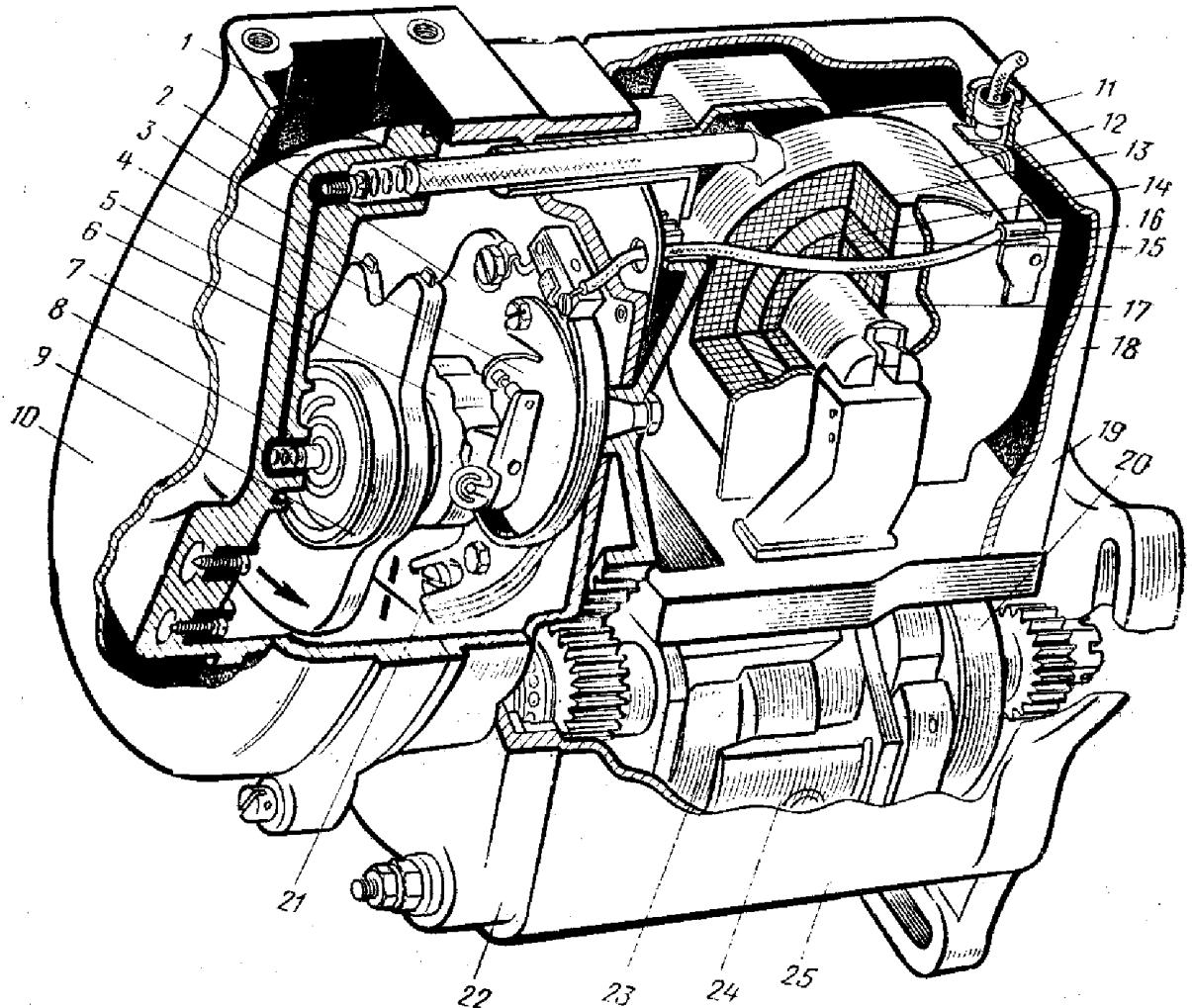
1 — носок картера; 2 — передняя часть среднего картера; 3 — задняя часть среднего картера; 4 — передний корпус нагнетателя; 5 — задний корпус нагнетателя; 6—задняя крышка

## Носок картера



1 — распорное кольцо; 2 — фланец носка картера; 3 — прокладка под фланец; 4 — носок картера; 6 — втулка; 7 — пробка; 8 — прокладка; 9 — пробка отверстия носка картера; 10 — прокладка; 11 — труба слива масла; 12 — болты и хомуты для стягивания дюритового шланга; 13 — дюритовый шланг; 14 — труба слива масла из носка картера; 15 — шайба, гайка и контровочная гайка; 16 — предохранительное кольцо; 17—шайба и гайка; 18—шайба, гайка и шплинт; 19— шайба, гайка и контровочная гайка; 20 —жиклер;

## Магнето БСМ-9



1 — вывод высокого напряжения; 2 — пластина прерывателя; 3 — рабочий электрод бегунка;  
 4 — контактная стойка; 5 — бегунок; 6 — кулачковая шайба прерывателя; 7 — корпус распределителя;  
 8 — уголок; 9 — пусковое кольцо бегунка; 10 — экран распределителя; 11 — клемма выключения; 12 —  
 трансформатор; 13 — вторичная обмотка; 14 — конденсатор; 15 — первичная обмотка; 16 — вывод низкого  
 напряжения; 17 — сердечник трансформатора; 18 — верхняя крышка; 19 — передняя крышка; 20 — автомат  
 опережения зажигания; 21 — эксцентрик; 22 — задняя крышка; 23 — ротор; 24 — полюсный наконечник;  
 25 — корпус