

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ  
АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С.П. КОРОЛЁВА  
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)» (СГАУ)

## ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ И КОНСТРУКЦИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ И ТОПЛИВНОЙ СИСТЕМЫ ДВИГАТЕЛЯ ТВ2-117

*Рекомендовано редакционно-издательским советом федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва (национальный исследовательский университет)» в качестве учебного пособия для студентов, обучающихся по программе высшего образования по направлению подготовки бакалавров 162300 Техническая эксплуатация летательных аппаратов и авиационных двигателей*

САМАРА  
Издательство СГАУ  
2014

УДК СГАУ: 6(075)  
ББК 39.55я7  
О 38

Авторы: *Д. Ю. Киселев, Ю. В. Киселев, В. И. Акифьев, А. А. Гульбис, С. Н. Тиц*

Рецензенты: д-р техн. наук, проф. В. А. З р е л о в,  
зам. директора Самарского филиала ООО «Авиапредприятие  
«Газпром авиа» Д. А. Ш а ч н е в,  
инженер-исследователь, канд. техн. наук Ю.Н. М а л ь ц е в

О 38 **Общие сведения и конструкция гидравлической и топливной системы двигателя ТВ2-117** : учеб. пособие / *Д.Ю. Киселев, Ю.В. Киселев, В.И. Акифьев* [и др.]. – Самара: Изд-во СГАУ, 2014. – 36 с.

**ISBN 978-5-7883-0984-2**

Изложены общие сведения о конструкции гидравлической и топливной систем вертолета, приведены основные технические данные.

Приведено описание основных элементов гидравлической и топливной систем, представлены принципы их работы, размещение агрегатов и принципы технического обслуживания.

Предназначено для бакалавров, обучающихся по направлению 162300.62 «Техническая эксплуатация летательных аппаратов и двигателей» при изучении дисциплины «Конструкция и техническое обслуживание вертолетов с ГТД» в третьем и четвертом семестрах. Может быть полезно студентам других направлений и специальностей, изучающих конкретную авиационную технику.

УДК СГАУ: 6(075)  
ББК 39.55я7

**ISBN 978-5-7883-0984-2**

© Самарский государственный  
аэрокосмический университет, 2014

## ОГЛАВЛЕНИЕ

1. Общие сведения и конструкция топливной системы двигателя ТВ2-117....	4
1.1. Система низкого давления .....	4
1.2. Система высокого давления .....	4
1.3. Пусковая топливная система.....	4
1.4. Система дренажа .....	4
1.5. Агрегаты топливной системы двигателя ТВ2-117 .....	6
1.5.1. Насос-регулятор НР-40ВА (НР-40ВГ).....	6
1.5.2. Регулятор числа оборотов РО-40ВР.....	15
1.5.3. Синхронизатор мощности СО-40.....	17
1.5.4. Исполнительный механизм ИМ-40 ограничителя максимальной температуры газа.....	18
1.5.5. Блок электромагнитных клапанов с клапаном постоянного давления .....	19
1.6. Дренажная система .....	21
2. Общие сведения и конструкция гидравлической системы двигателя ТВ2-117 .....	22
2.1. Плунжерный насос ПН-40Р.....	24
2.3. Командный агрегат КА-40.....	25
2.4. Гидромеханизмы .....	30
2.5. Клапан противообледения.....	32
2.6. Клапан перепуска воздуха.....	33
Заключение.....	33
Список использованных источников .....	35

# **1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ И КОНСТРУКЦИЯ ТОПЛИВНОЙ СИСТЕМЫ ДВИГАТЕЛЯ ТВ2-117**

Топливная система предназначена для питания двигателя топливом, регулирования режимов работы двигателя (путем изменения подачи топлива в камеру сгорания), а также обеспечения работы отдельных агрегатов управления двигателем.

Условно топливную систему двигателя по назначению и величине давления можно разделить на четыре системы: систему низкого давления; систему высокого давления; пусковую топливную систему; систему дренажа.

## **1.1. Система низкого давления**

Система низкого давления предназначена для размещения необходимого запаса топлива на борту вертолета, очистки и подачи его под давлением к насосам-регуляторам НР-40ВР. Состоит из расходного бака, левого и правого подвесных баков, подкачивающих и перекачивающих топливных насосов, пожарных кранов, блоков фильтров, системы трубопроводов, обратных клапанов, сигнализаторов давления, перекрывных кранов.

Для увеличения продолжительности и дальности полета в фюзеляже вертолета может быть установлен дополнительный топливный бак.

## **1.2. Система высокого давления**

Система высокого давления обеспечивает регулирование подачи топлива в камеру сгорания и включает в себя следующие агрегаты: насос-регулятор НР-40ВА; регулятор частоты вращения РО-40М; синхронизатор мощности СО-40; исполнительный механизм ограничителя температуры газов ИМ-40; рабочие топливные баки форсунки.

## **1.3. Пусковая топливная система**

Пусковая топливная система служит для подачи топлива при запуске и имеет блок электромагнитных клапанов 5 с клапаном постоянного давления системы запуска 6, импульсатор И-2 и две пусковые форсунки пусковых воспламенителей 7.

## **1.4. Система дренажа**

Система дренажа предназначена для слива несгоревшего топлива из нижней части внутренних полостей двигателя после неудавшегося запуска, слива топлива из коллекторов рабочих форсунок после выключения, капельного слива топлива из уплотнений агрегатов топливной системы и состоит из блока дренажных клапанов и дренажного бачка вертолета.

Основными агрегатами этой системы являются блок дренажных клапанов и дренажный бачок.

Далее будет рассмотрена работа топливных систем высокого давления, пусковой системы и системы дренажа.

Применяемые на вертолетах Ми-8 двигатели могут иметь различные модификации агрегатов. На большинстве двигателей ТВ2-117 установлен агрегат РО-40ВА, являющийся основным агрегатом системы защиты турбины винта от раскрутки (сокращенно СЗТВ).

При работе двигателей топливо из расходного бака двумя насосами ЭЦН-40 подается к насосам-регуляторам НР-40ВА двигателями (рис. 1.1). Затем топливо поступает в пусковую топливную систему в процессе запуска двигателя, а также в систему регулирования подачи топлива и к рабочим форсункам камеры сгорания. Подачей топлива к пусковым форсункам управляет блок электромагнитных клапанов. Давление топлива перед пусковыми форсунками редуцируется клапаном постоянного давления блока электромагнитных клапанов. К рабочим форсункам топливо поступает от насоса-регулятора в количестве, определенном системой регулирования.

Рабочим органом, изменяющим подачу топлива к форсункам, является дозирующая игла НР-40ВА. Изменением подачи топлива в камеру сгорания регулируется частота вращения турбокомпрессора и несущего винта (свободной турбины). Поэтому от насоса-регулятора часть дозированного топлива подводится через синхронизатор мощности СО-40 к регулятору оборотов свободной турбины РО-40М. Сервомеханизм иглы настраивается на такую подачу топлива, при которой частота вращения винта остается постоянной. Применение синхронизатора мощности позволяет устанавливать одинаковые режимы параллельно работающих двигателей.

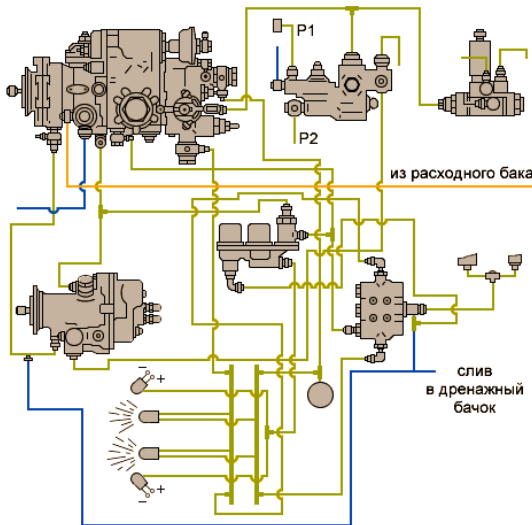


Рис. 1.1. Схема топливных коммуникаций двигателя

Также часть дозированного топлива из насоса-регулятора поступает к исполнительному механизму ИМ-40 системы ограничения температуры газа перед турбиной компрессора. При температуре газа выше максимально допустимой исполнительный механизм по сигналам системы, контролирующей температуру, перенастраивает дозирующую иглу НР-40ВА на уменьшение подачи топлива. Подача топлива к рабочим форсункам в процессе запуска двигателя регулируется с помощью пневматического автомата запуска НР-40ВА, к которому подводится атмосферный воздух и воздух из корпуса диффузора камеры сгорания (от компрессора).

Дренажные клапаны закрываются в момент запуска двигателя под действием давления топлива, поступающего к торцам золотников клапанов, когда его величина достигает 2,5–3 кгс/кв.см. Количество топлива, поступающего в дренажный бачок на работающем двигателе, определяется состоянием уплотнений агрегатов топливной системы, установленных на двигателе.

## 1.5. Агрегаты топливной системы двигателя ТВ2-117

### 1.5.1. Насос-регулятор НР-40ВА (НР-40ВГ)

Насос-регулятор НР-40ВР (НР-40ВГ) (рисунок 1.2-1.5) установлен на коробке приводов, привод вращается от ротора компрессора и обеспечивает: подачу топлива к форсункам двигателя, поддержание заданной  $N_{\text{тк}}$ , подачу топлива при запуске и разгоне двигателя от минимального до максимального режима, ограничение приведенной  $N_{\text{тк}}$ , ограничение минимального и максимального  $G_{\text{т}}$  и максимальной  $t_{\text{г}}$ , распределение топлива по двум контурам рабочих форсунок и останов двигателя, а также необходимую приемистость двигателя.

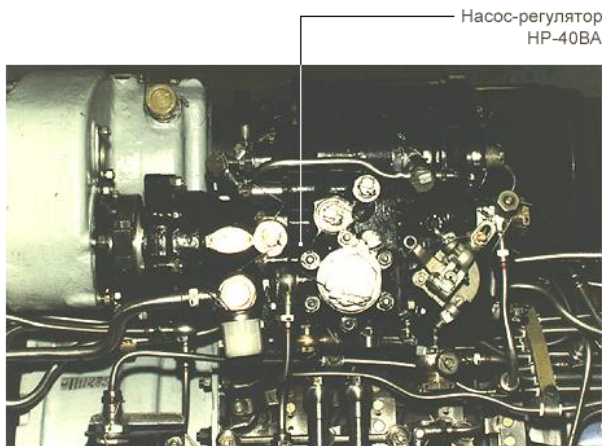


Рис. 1.2. Насос-регулятор НР-40ВА (внешний вид)

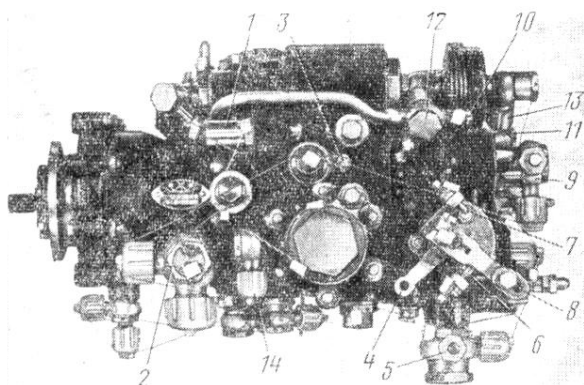


Рис. 1.3. Насос-регулятор НР-40ВА (вид слева):

1 – корпус дроссельного пакета; 2 – штуцер (с фильтром) подвода топлива; 3 – жиклер регулировки открытия запорного клапана по числам оборотов; 4 – рычаг стоп-крана; 5 – штуцер замера давления в коллекторе второго контура топливных форсунок; 6 – упор максимальных чисел; 7 – упор минимальных чисел оборотов; 8 – рычаг управления; 9 – штуцер (обозначен № 211) замера давления в коллекторе первого контура топливных форсунок; 10 – выходной жиклер АЗ для стравливания воздуха; 11 – штуцер подвода топлива от КА-40 к ограничителю приведенного числа оборотов  $n_{т.к}$ ; 12 – входной жиклер АЗ; 13 – штуцер подвода воздуха к воздушному фильтру; 14 – штуцер отвода топлива из пружинной полости КПП к РО-40ВА

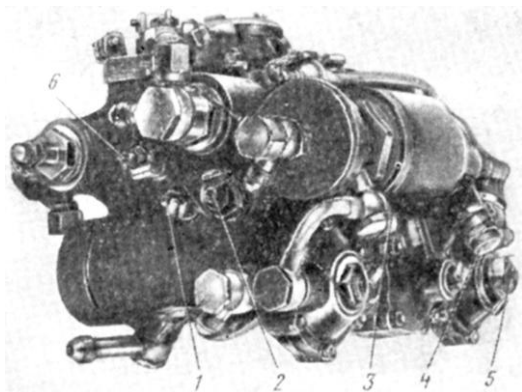


Рис. 1.4. Насос-регулятор НР-40ВА (вид сзади):

1 – винт регулировки минимального числа оборотов; 2 – винт регулировки максимального числа оборотов; 3 – винт регулировки ограничителя приведенного числа оборотов  $n_{т.к}$ ; 4 – колпачок клапана стравливания воздуха; 5 – винт регулировки автомата запуска; 6 – винт регулировки максимального расхода топлива; 7 – штуцер подвода топлива от КА-40 к ограничителю приведенного числа оборотов  $n_{т.к}$ .

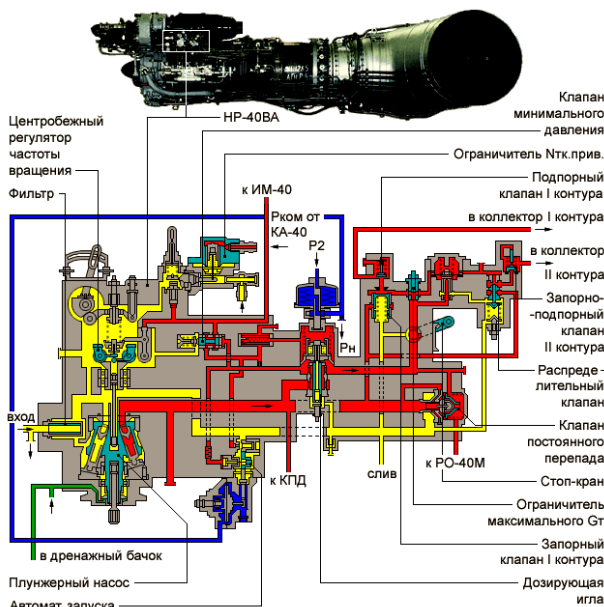


Рис. 1.5. Насос-регулятор НР-40ВА (основные элементы)

Плунжерный насос повышает давление топлива и подает его к дозирующей игле и к клапану постоянного перепада давления на дозирующем сечении иглы. Через дозирующее сечение иглы, стоп-кран и винт ограничителя максимального расхода по двум параллельным клапанам топливо поступает через запорный и подпорный клапаны в коллектор I контура форсунок, а через распределительный и запорно-подпорный клапаны – в коллектор II контура форсунок.

Система управления «шаг-газ» и раздельного управления двигателями связана с рычагом регулятора частоты вращения ТК.

Количество топлива, поступающего к форсункам, зависит только от положения дозирующей иглы. Дозирующей иглой последовательно управляют: автомат запуска, регулятор оборотов турбокомпрессора, клапан минимального давления, ограничитель приведенной частоты вращения турбокомпрессора, исполнительный механизм ИМ-40 системы ограничения температуры газа, регулятор оборотов свободной турбины РО-40М и синхронизатор мощности СО-40.

**Насос высокого давления** состоит из ротора 4, наклонной шайбы 2, закрепленной неподвижно, семи плунжеров 3 и распределительного золотника 6 (рис. 1.6). Ротор насоса приводится во вращение рессорой 1 от коробки приводов двигателя.



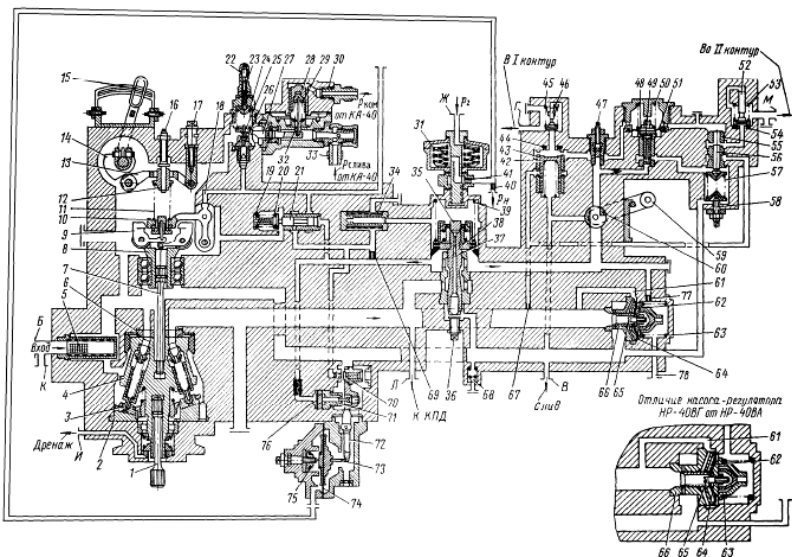


Рис. 1.6. Насос-регулятор HP-40BA (конструктивная схема)

Принцип действия насоса основан на том, что при вращении ротора благодаря наклонному расположению шайбы 2 плунжеры совершают возвратно-поступательные движения в своих гнездах, расположенных в роторе. При этом каждый плунжер засасывает в течение примерно полуоборота ротора топливо через всасывающее окно золотника 6 и выталкивает его в течение второго полуоборота через нагнетающее окно на линию высокого давления.

**Клапан постоянного перепада давления (КППД) и дозирующая игла.** КППД поддерживает постоянный перепад давления топлива на дозирующем сечении иглы 37 (см. рис. 1.6). Он состоит из клапана 66 (перемещающегося во втулке), скрепленного с мембраной 64, и пружины 63.

Клапан 66 и полость 62 под мембраной 64 (слева на схеме) соединены с линией высокого давления за качающим узлом (перед дозирующей иглой).

Полость 62 соединяется с линией высокого давления через каналы 61 и далее через прецизионный зазор между клапаном и втулкой – для демпфирования клапана при работе. Полость справа от мембраны сообщена с линией высокого давления за дозирующей иглой 37. Натяжением пружины задана величина перепада давлений топлива.

На заданном режиме количество проходящего через иглу 37 топлива определяется величиной ее дозирующего сечения и перепадом давлений. Упором 36 ограничивается ход иглы в сторону увеличения расхода топлива. Излишки топлива, подаваемого насосом, перепускаются на слив торцом клапана 66 через отверстия во втулке.

На поршне дозирующей иглы установлен клапан 35, назначение и работа которого рассмотрены при описании принципа работы автомата запуска.

**Регулятор оборотов** служит для поддержания заданного числа оборотов ротора компрессора двигателя. Регулятор состоит из тахометрического датчика 8 (см. рис.1.6) с грузиками 9, маятника 10, пружины 11, поршня 38 с пружиной 39, дроссельного пакета 34 и жиклера 69.

Грузики 9, получая вращение через рессору 7 от ротора 4 насоса, вращаются с числом оборотов, равным оборотам привода агрегата. При вращении грузики развивают центробежную силу, которая уравнивается силой пружины 11, затянутой на заданный режим. При этом маятник 10 своей отсечной кромкой установит соответствующее сечение выходного окна 18.

Режим работы двигателя определяется количеством подаваемого в камеру сгорания топлива. Подача топлива регулируется перемещением иглы 37 путем изменения давления в полости над поршнем 38. На заданном режиме поршень 38 уравнивается силами от указанных выше давлений и пружины 39 и устанавливает дозирующую иглу в нужном положении. При увеличении числа оборотов от заданных увеличивается сила, развиваемая грузиками 9, которая, преодолев противодействие пружины 11, переместит отсечную кромку маятника 10 вправо, увеличив сечение выходного окна 18. Перепуск дозированного топлива на слив увеличится, и подача топлива в двигатель уменьшится (статическая цепь). С другой стороны, увеличение сечения выходного окна вызовет падение давления за жиклером 69 и поршень начнет медленно перемещаться вверх, вытесняя топливо через дроссельный пакет из полости над поршнем и перемещая дозирующую иглу в сторону уменьшения подачи топлива (астати́ческая цепь). Скорость перемещений зависит от пропускной способности дроссельного пакета. Двигатель уменьшит число оборотов, и система придет в равновесие при новом положении дозирующей иглы, восстановив заданное число оборотов.

При уменьшении числа оборотов от заданной величины весь процесс будет протекать аналогично, но в обратном порядке, в сторону увеличения подачи топлива. Число оборотов задается натяжением пружины 11 посредством рычага 13 через опору 12. На рычаг 13 воздействует кулачок 14, поворачиваемый рычагом 15 управления. Таким образом, каждому положению рычага управления соответствует определенное натяжение пружины регулятора и, следовательно, определенное число оборотов двигателя.

Винт 16 служит для настройки величины минимального числа оборотов (малый газ). Винтом 17 настраивается максимальное число оборотов.

Дозировка подачи топлива при резком перемещении рычага управления из положения меньшего режима в положение большего режима (полная или частичная приемистость) определяется профилем дозирующей иглы 37. Время разгона двигателя регулируется подбором дроссельного пакета 34. Управлять величиной давления в полости над поршнем кроме регулятора оборотов можно с помощью регулятора частоты вращения ротора сво-

бодной турбины РО-40ВА (РО-40ВР), ограничителя приведенного числа оборотов  $n_{т.к}$ , исполнительного механизма ограничителя температуры газа и синхронизатора мощности СО-40.

Ограничители включаются в работу только на режимах ограничения, а на остальных режимах в работе не участвуют. Игла 37 связана с поршнем 38. К поршню снизу подводится полное давление дозированного топлива, а сверху – давление, редуцированное входным жиклером 69 и сечением выходного окна 18.

**Клапан минимального давления топлива.** Для поддержания заданного числа оборотов при подъеме на высоту требуется уменьшить подачу топлива, что в свою очередь ухудшает работу камеры сгорания. Существует предел, ниже которого уменьшать подачу топлива нельзя, так как двигатель заглохнет. Для того чтобы не допустить уменьшения подачи топлива в двигатель ниже определенной величины, служит клапан минимального давления (КМД). Он состоит из золотника 21, перемещающегося во втулке и нагруженного слева пружиной 20 и давлением сливаемого топлива. На торце золотника справа действует давление топлива за дозирующей иглой 37 (это давление определяет величину подачи топлива в двигатель).

На всех режимах от земного малого газа до максимального золотник 21 прижат давлением топлива к упору 19 и сообщает своей проточкой канал за жиклером 69 (перед дроссельным пакетом 34) с маятником регулятора (через окно 18), с ограничителем приведенного числа оборотов  $n_{т.к}$  с регулятором РО-40ВА (РО-40ВР), исполнительным механизмом ограничителя температуры газа и синхронизатором мощности.

Если давление топлива за дозирующей иглой начнет падать ниже значения, заданного натяжением пружины 20, то золотник 21, перемещаясь вправо, разобьет своей кромкой канал за жиклером 69 от маятника и ограничителей и прекратит перемещение дозирующей иглы в сторону уменьшения подачи топлива.

**Автомат запуска (АЗ)** в процессе запуска двигателя подает топливо в камеру сгорания. Количество подаваемого топлива зависит от давления воздуха за компрессором  $p_2$  и давления  $p_n$  (окружающей среды). Автомат запуска состоит из клапана 70, сухаря 71 с мембраной 76, пружины 75, мембраны 74, рычага 72 и иглы 73.

Воздух от компрессора проходит через фильтр 31, редуцируется жиклерами 41 и 40 и подается на мембрану 74 ( $p_2$ ). С другой стороны, на мембрану действует давление  $p_n$ . Переменными усилиями, действующими на рычаг 72, являющиеся давление топлива на сухарь 71 и давление воздуха на мембрану 74.

Мембрана передает усилие, зависящее от разности давления  $p_2 - p_n$  и натяжения пружины 75, на иглу 73. Для равновесия рычага 72 необходимо, чтобы изменению усилия на рычаг от иглы 73 соответствовало бы изменение усилия от давления на сухарь 71.

В процессе запуска давление на сухарь 71 характеризует расход топлива. При нарушении равновесия рычага 72 клапан 70 изменяет свое проходное сечение, изменяя давление в полости перед дроссельным пакетом 34, а значит и над поршнем 38, что приводит к изменению положения дозирующей иглы и, следовательно, к изменению подачи топлива.

На неработающем двигателе дозирующая игла 37 поставлена пружиной 39 на упор 36. Требуемое положение перед запуском двигателя обеспечивается клапаном 35, который сообщает полость над поршнем 38 с каналом слива топлива. При раскрутке двигателя давление за дозирующей иглой начинает расти и быстро перемещает иглу в положение минимальной подачи (вверх до упора). При контакте с упором клапан 35 закрывается, разобщая полость над поршнем с каналом слива. Давление над поршнем повышается, и клапан 35 как на режиме запуска, так и на всех остальных режимах остается закрытым. После остановки двигателя клапан открывается, подготавливая иглу к новому запуску.

**Ограничитель приведенных чисел оборотов.** Ограничитель приведенных чисел оборотов ( $n_{т.к. \text{привед}}$ ) ротора компрессора уменьшает подачу топлива в двигатель по гидравлическому сигналу командного давления топлива ( $p_{ком}$ ), поступающего от командного агрегата КА-40.

Ограничитель состоит из клапана 25, поршня 28, двуплечего рычага 27, иглы 32, пружин 24 и 29 и регулировочного винта 23.

Сверху на поршень 28 действует сила от давления топлива  $p_{ком}$ , подводимого от КА-40 через штуцер 30. Снизу на поршень 28 действуют силы натяжения пружин 24 и 29 и давление топлива  $p_{слива}$ , подводимого от КА-40 через штуцер 33. Таким образом, на двуплечий рычаг 27 с одной стороны действуют постоянные силы натяжения пружин 24 и 29, с другой стороны переменная сила  $\Delta p_{ком} = p_{ком} - p_{слива}$ .

При работе двигателя на режимах ниже зоны ограничения клапан 25 под действием пружин 24 и 29 перекрывает канал слива топлива из полости за жиклером 69. При достижении ротором чисел оборотов ограничения  $n_{т.к. \text{привед}}$  сила от  $\Delta p_{ком} = f(\text{ГН}, n_{т.к.})$  преодолет силы натяжения пружин 24 и 29, переместит поршень 28 вниз и через иглу 32, двуплечий рычаг 27 и клапан 25 откроет канал перепуска части дозированного топлива из полости за жиклером 69 на слив.

Открытие клапана 25 вызовет перемещение дозирующей иглы 37 в сторону уменьшения подачи топлива в двигатель, число оборотов ротора компрессора упадет, и система придет в равновесие при новом положении дозирующей иглы и при уменьшенном числе оборотов ротора компрессора.

Настройка ограничителя числа оборотов  $n_{т.к. \text{привед}}$  производится регулировочным винтом 23, изменяющим затяжку пружины 24 ограничителя.

**Клапан стравливания воздуха.** Наличие воздуха (или паров топлива) во внутренних полостях топливного насоса нарушает нормальную работу агрегата. Для выпуска воздуха из агрегата НР-40ВГ служит специальный клапан 68. Выпуск воздуха производится нажатием на шарик клапана.

**Ограничитель максимального расхода.** Ограничитель максимального расхода поддерживает стабильность максимального расхода топлива в случае изменения противодавления. Ограничитель состоит из винта 47, при помощи которого устанавливается сечение на выходе топлива из агрегата, и клапана 49 с мембранным усилителем 51, поддерживающего на выходном сечении постоянный перепад давлений. Необходимый перепад давлений обеспечивается усилием пружины 50. Изменение максимального расхода приводит к изменению перепада на выходном сечении и перемещению клапана 49 во втулке 48. При этом клапан изменяет величину перепуска излишков топлива на слив и восстанавливает расход до заданной величины. Излишек топлива, подаваемого к клапану 49, задается положением упора 36 дозирующей иглы 37. Величина максимального расхода регулируется винтом 47.

**Запорный клапан.** Запорный клапан открывает или прекращает доступ топлива к коллектору форсунок двигателя (первый контур) в зависимости от положения стоп-крана. При остановке двигателя клапан полностью герметизирует выход топлива из агрегата. Клапан состоит из поршня 43, перемещающегося во втулке и нагруженного пружиной 42, и резинового седла 44. При запуске двигателя давление топлива перед клапаном нарастает, и когда оно достигнет величины, соответствующей силе натяжения пружины, клапан открывается. Резкость открытия обуславливается наличием дифференциальной площади. Момент открытия клапана по числу оборотов (начало подачи топлива при запуске) регулируется подбором жиклера 67.

**Подпорный клапан.** На выходе из агрегата к коллектору форсунок первого контура установлен тарельчатый клапан 46, нагруженный пружиной 45. Клапан представляет собой дополнительное сопротивление и введен в схему для того, чтобы поднять давление топлива за дозирующей иглой и этим обеспечить необходимые усилия для установки поршня 38 в режим запуска двигателя. Так как поршень 43 запорного клапана в открытом положении практически не имеет сопротивления, то давление топлива, подаваемого к золотнику 56 распределительного клапана, выше давления в коллекторе первого контура на величину сопротивления подпорного клапана 46.

**Распределительный клапан.** Распределительный клапан в зависимости от давления в коллекторе первого контура подает топливо в коллектор второго контура по заданному закону. Клапан состоит из золотника 56, перемещающегося во втулке 55. Втулка имеет два прямоугольных окна, переключающихся торцевой кромкой золотника.

На золотник 56 действуют с одной стороны сила натяжения пружины 57 и давление сливаемого топлива, а с другой стороны высокое давление топлива перед подпорным клапаном 46. При достижении заданной величины давление перед подпорным клапаном, действуя на торец золотника 56, преодолевает силу натяжения пружины 57 и открывает проход топливу к запорному клапану 52 и далее к коллектору форсунок (второго контура).

Давление, необходимое для открытия клапана, задается натяжением пружины 57, которая регулируется винтом 58. По мере нарастания давления количество топлива, подаваемого в коллектор второго контура, увеличивается в зависимости от жесткости пружины и величины открытия дозирующих окон во втулке 55.

**Запорно-подпорный клапан второго контура.** На выходе из агрегата к коллектору второго контура установлен тарельчатый клапан 52, нагруженный пружиной 53. Давление открытия клапана выше давления слива. При закрытом стоп-кране топливо под давлением слива, просочившееся по зазору между золотником 56 и втулкой 55, не может открыть клапан 52.

Пружина 53 прижимает клапан к резиновому седлу 54, не допуская подтекания топлива в коллектор второго контура.

**Стоп-кран.** Прекращение подачи топлива в двигатель осуществляется поворотом стоп-крана 60 при помощи рычага 59. При этом вначале магистраль за дозирующей иглой сообщается со сливом, а затем перекрывается доступ топливу к ограничителю максимального расхода и распределительному клапану. Запорные клапаны 43 и 52 закрываются силой натяжения пружин и обеспечивают герметичность на выходе топлива из агрегата.

**Особенности конструкции насоса-регулятора НР-40ВР (ограничитель степени сжатия).** Особенностью конструкции насоса-регулятора НР-40ВР является наличие в нем ограничителя степени сжатия воздуха в компрессоре (рис. 1.7), установленного на месте установки ограничителя приведенных чисел оборотов.

Ограничитель степени сжатия уменьшает подачу топлива в двигатель насосом-регулятором НР-40ВР при достижении заданной величины степени сжатия воздуха в последних ступенях компрессора.

Ограничитель состоит из плоского клапана 6, мембраны 5, рычага 8, иглы 3 и пружин 2, 4 и 7.

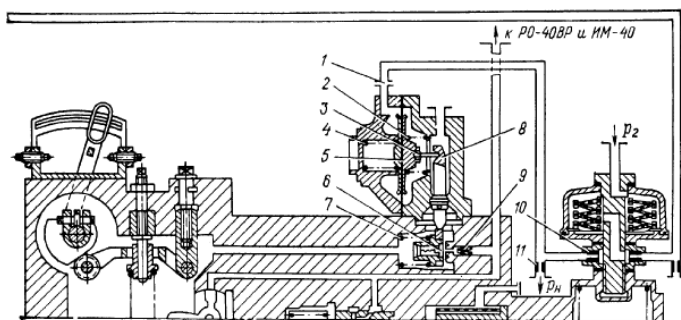


Рис. 1.7. Ограничитель степени сжатия

1 – трубка; 2, 4 и 7 – пружины; 3 – дозирующая игла; 5 – мембрана; 6 – плоский клапан; 8 – рычаг; 9, 10 и 11 – жиклеры.

С одной стороны мембраны через трубку 1 подается воздух под давлением  $p_1/2$  из-за компрессора, редуцированное жиклерами 10 и 11. С другой стороны мембраны подается воздух под давлением  $p_1$  из-за VI ступени компрессора. При достижении заданной величины степени сжатия  $\pi_k$  усилие от давления  $p_1/2$  на мембрану преодолевает суммарное усилие от давления  $p_1$  и пружин и откроет перепуск части дозированного топлива из полости под поршнем дозирующей иглы через жиклер 9 клапана б на слив. Подача топлива в двигатель уменьшится. С другой стороны, открытие клапана б вызовет движение дозирующей иглы также на уменьшение подачи топлива. Число оборотов ротора компрессора уменьшится и система придет в равновесие при новом положении дозирующей.

В остальном по конструкции и принципу действия насос-регулятор НР-40ВР не отличается от насоса-регулятора НР-40ВГ.

### 1.5.2. Регулятор числа оборотов РО-40ВР

Регулятор числа оборотов РО-40ВР (М) предназначен:

- для ограничения частоты вращения свободной турбины (несущего винта) путем воздействия на поршень дозирующей иглы агрегата НР-40ВА в сторону уменьшения подачи топлива в двигатель;

- для предотвращения раскрутки свободной турбины более  $N_{нв} = 126 \pm 3\%$  в случае нарушения кинематики передачи мощности от нее к несущему винту (происходит автоматическое выключение двигателя).

РО-40М входит в состав системы защиты турбины винта (СЗТВ). Расположение регулятора оборотов показано на рис. 1.8.

Регулятор числа оборотов РО-40М (рис. 1.9) включает в себя следующие узлы: датчик числа оборотов с грузиками и приводной рессорой; плоский клапан, закрепленный в рычаге, нагруженном пружиной; клапан, применяемый для стравливания воздуха из агрегата и при консервации агрегата на двигателе.

К плоскому клапану подводится топливо из канала между жиклером и дроссельным пакетом. До  $N_{нв} = 93\%$  пружина удерживает плоский клапан в закрытом положении, т.е. РО-40М не работает.

Если  $N_{нв} > 95\%$ , центробежные силы грузиков открывают плоский клапан, часть дозированного топлива идет на слив, дозирующая игла перемещается на уменьшение подачи. Раскрутка свободной турбины и несущего винта прекращается.

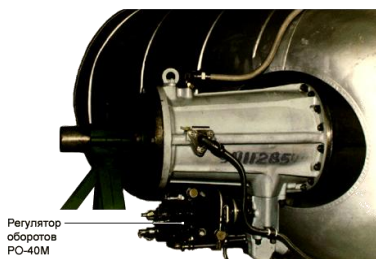


Рис. 1.8. Регулятор числа оборотов РО-40ВР (внешний вид)

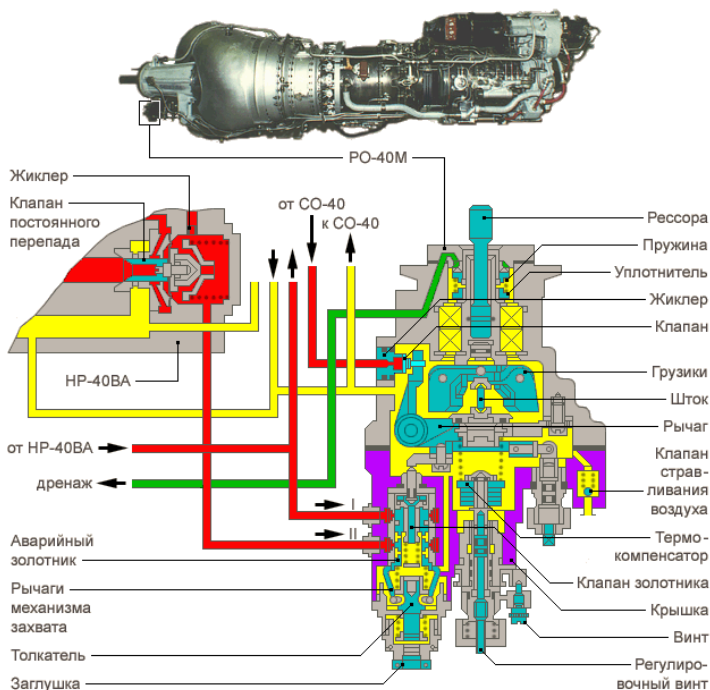


Рис. 1.9. Регулятор числа оборотов PO-40M (конструктивная схема)

**На всех рабочих режимах (при правой коррекции) управление подачей топлива в двигатель осуществляет PO-40M.**

В случае нарушения кинематической связи ротора свободной турбины с валом несущего винта и последующей неуправляемой его раскрутки на заданной настройке частоте вращения ротора автоматически срабатывает СЗТВ, т.е. под действием центробежных сил грузики через шток передают усилие на рычаг, который перемещает клапан золотника до упора в резиновое седло. По сигналу PO-40M насос-регулятор резко уменьшит подачу топлива и двигатель выключится. **Повторный запуск двигателя будет невозможен.**

Для проверки надежности работы СЗТВ в агрегате PO-40M предусмотрено специальное устройство с двухпозиционной фиксацией винтом 2 на два режима работы системы: **рабочий режим** – частота вращения срабатывания  $N_{\text{нв}} = 126 \pm 3\%$ ; **контрольный режим** –  $N_{\text{нв}} = 94 \pm 4\%$ .

Золотник каждого из агрегатов CO-40 включается последовательно в топливную магистраль, соединяющую насос-регулятор HP-40BA (HP-40BG) с регулятором числа оборотов PO-40BA (PO-40BP) ротора свободной турбины двигателя.



### 1.5.3. Синхронизатор мощности СО-40

Синхронизатор мощности СО-40 (рис. 1.10) устанавливается на среднем корпусе компрессора в верхней части двигателя и входит в систему автоматического поддержания частоты вращения свободной турбины двигателя и предназначен для устранения разнорегимности работы двигателей. СО-40 состоит из золотникового механизма, управляемого мембранным чувствительным элементом. Принцип работы агрегата СО-40 основан на поддержании одинаковых давлений воздуха за компрессорами двух двигателей и на устранении разницы давлений путем подачи команды на увеличение режима двигателю, у которого давление воздуха за компрессором меньше.

Введение на двигатели агрегата СО-40 вызвано тем, что регуляторы числа оборотов РО-40 с совершенно одинаковыми характеристиками подобрать трудно, а условия эксплуатации двух двигателей, работающих на общий редуктор вертолета, требуют синхронности их работы по режимам.

Золотниковый механизм каждого из агрегатов СО-40 включается последовательно в топливную магистраль, соединяющую агрегат НР-40ВА с агрегатом РО-40М. К камерам мембранных чувствительных элементов агрегатов СО-40 подведено давление из-за компрессоров двигателей.

Положение золотника задано пружиной таким образом, что при равенстве давлений в мембранных камерах или при большем давлении в камере А золотник не дросселирует выходное отверстие и не влияет на работу агрегата РО-40М, управляющего положением дозирующей иглы агрегата НР-40ВА. При рассогласовании в работе двигателей, СО-40 обеспечивает выравнивание работы двигателей.

**Синхронизатор СО-40 работает только на тех режимах, когда подачей топлива управляет регулятор РО-40М. При этом допускается разность частот вращения двигателей на рабочих режимах в пределах 2%.**

В том случае, если агрегат РО-40М левого двигателя настроен на частоту вращения свободной турбины несколько большую, чем агрегат РО-40М правого двигателя, то золотник правого агрегата СО-40, вследствие более высокого давления в камере Б по сравнению с давлением в камере А, начнет перемещаться вниз (см. рис. 1.11) и дросселировать выходное отверстие к агрегату РО-40М правого двигателя.

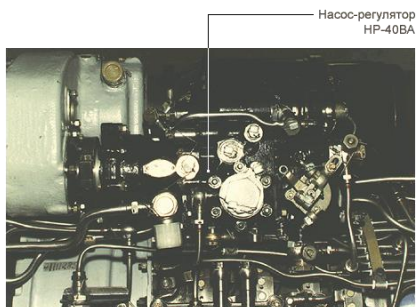


Рис. 1.10. Синхронизатор мощности СО-40 (внешний вид)

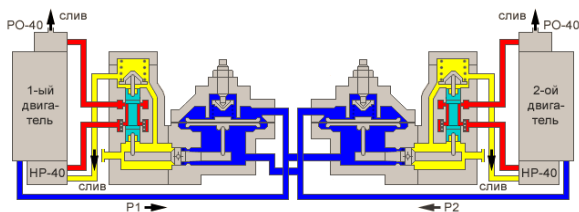


Рис. 1.11. Схема соединения агрегатов СО-40 спаренных двигателей вертолета

Это вызывает перемещение дозирующей иглы агрегата НР-40ВА в сторону увеличения подачи топлива до момента установления равенства давлений в мембранных камерах агрегатов СО-40 в пределах, заданных конструкцией топливной системы. В результате этого режимы работы обоих двигателей будут выровнены. Регулирующим элементом СО-40 является винт.

#### **1.5.4. Исполнительный механизм ИМ-40 ограничителя максимальной температуры газа**

**Исполнительный механизм ИМ-40** является составной частью системы ограничения температуры газов перед турбиной компрессора и представляет собой электромагнитный топливный клапан с блокировкой по частоте вращения  $N_{\text{тк}} = 93 \pm 1\%$ .

Система ограничения температуры состоит из комплекта (17 шт.) сдвоенных термопар Т-80Т, усилителя сигналов термопар УРТ-27, исполнительного механизма ИМ-40, сигнальной лампы, индикатора отказа, переключателя проверки и арматуры.

Исполнительный механизм ИМ-40 (рис. 1.12) ограничивает:

а) рост температуры газа выше заданной величины путем воздействия на сервомеханизм насоса-регулятора НР-40ВА (НР-40ВГ), который уменьшает подачу топлива в камеру сгорания двигателя;

б) уменьшение числа оборотов ротора компрессора ниже заданных (при повышенных сигналах от УРТ-27).

Основными элементами агрегата ИМ-40 являются: электромагнитный клапан, жиклер, клапан блокировки с золотником, постоянный жиклер с фильтром и сменный жиклер.

При повышении температуры газа **более  $900 \pm 5$  °С** усилитель УРТ-27 по сигналам термопар включает исполнительный механизм ИМ-40. Электромагнит МКТ-4-2 срабатывает на открытие клапана с частотой, пропорциональной забросу температуры газа. При этом часть дозированного топлива перепускается на слив, дозирующая игла НР-40ВА перемещается на уменьшение подачи топлива к форсункам, что приводит к уменьшению температуры газа перед турбиной.

Плоский клапан жестко связан с подвижным сердечником электромагнитного клапана МКТ-4-2.

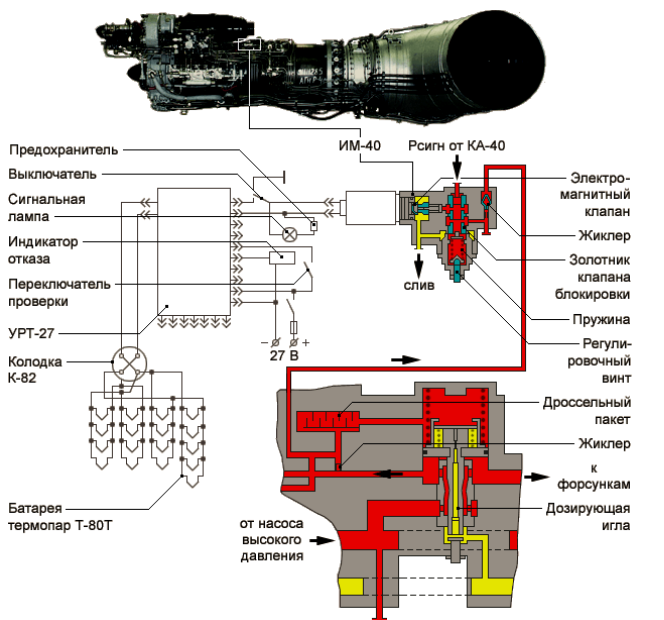


Рис. 1.12. Исполнительный механизм ИМ-40 (конструктивная схема)

Клапан блокировки предотвращает срабатывание ИМ-40 от ложных сигналов УРТ-27 на малой частоте вращения турбокомпрессора (до  $N_{\text{тк}} = 93 \pm 1\%$ ).

При отсутствии напряжения на электромагните клапан под действием пружины, расположенной внутри электромагнита, поджат к жиклеру. При подаче напряжения сердечник электромагнита вместе с плоским клапаном втягивается, преодолевая натяжение пружины, и открывает отверстие жиклера.

Срабатывание ИМ-40 контролируется по загоранию сигнальной лампы, предупреждающей об опасном повышении температуры газа.

При забросе температуры газа на  $100^\circ\text{C}$  выше настройки задатчика УРТ-27 (до  $980 \pm 5^\circ\text{C}$ ), когда даже полное включение электромагнита не способно снизить температуру, срабатывает защита и загорается световое табло индикатора отказа «Отказал левый УРТ» или «Отказал правый УРТ».

### **1.5.5. Блок электромагнитных клапанов с клапаном постоянного давления**

Блок электромагнитных клапанов с клапаном постоянного давления (рис. 1.13) установлен на корпусе компрессора в левой части двигателя. Клапан постоянного давления, выполненный в блоке электромагнитных

клапанов, обеспечивает с помощью электромагнитного клапана № 1 подачу топлива к пусковым форсункам.

При включении электромагнитного клапана №1 топливо с высоким давлением поступает к клапану постоянного давления (КПД), который редуцирует его давление до 3...4 кгс/кв.см и подает к пусковым форсункам воспламенителей. Регулировка давления топлива осуществляется подбором шайбы клапан постоянного давления.

В завершении цикла работы пусковой панели системы запуска электромагнитный клапан №1 закрывается и на несколько секунд включается клапан №2, перепускаящий воздух из через пусковую магистраль. Воздух проходит через пусковые форсунки и продувает пусковую магистраль в дренаж, что предотвращает коксование топлива в форсунках и магистралях.



Блок электромагнитных клапанов

Рис. 1.13. Блок электромагнитных клапанов с клапаном постоянного давления топлива (внешний вид)

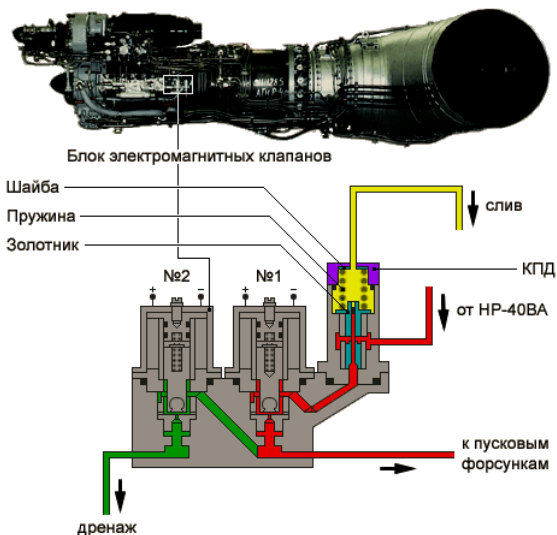


Рис. 1.14. Блок электромагнитных клапанов с клапаном постоянного давления топлива (конструктивная схема)

## 1.6. Дренажная система

Дренажная система (рис. 1.15) обеспечивает:

- а) слив топлива из агрегатов топливной и гидравлической систем;
- б) слив топлива и масла из камеры сгорания, из корпусов сопловых аппаратов турбин, из полости четвертой опоры роторов двигателя и из выхлопного патрубка;
- в) слив топлива из коллекторов рабочих форсунок после остановки двигателя, а также из магистралей пусковой системы.

Дренаж из сальников приводов агрегатов НР-40ВА (НР-40ВГ) и РО-40ВА (РО-40ВР) отводится отдельной трубкой в сливной бачок, установленный на вертолете.

Несгоревшее топливо из камеры сгорания корпусов сопловых аппаратов турбин и из коллекторов рабочих форсунок обоих контуров рабочих форсунок сливается в блок дренажных клапанов. Слив производится только при остановленном двигателе, когда все дренажные клапаны открыты. **Во время работы двигателя дренажные клапаны закрыты.**

В процессе запуска двигателя дренажные клапаны закрываются давлением топлива, подводимым от НР-40ВА, когда это давление достигает значения 2,5...3 кгс/кв.см.

При останове двигателя и прекращении работы топливного насоса клапаны открываются под действием пружин.

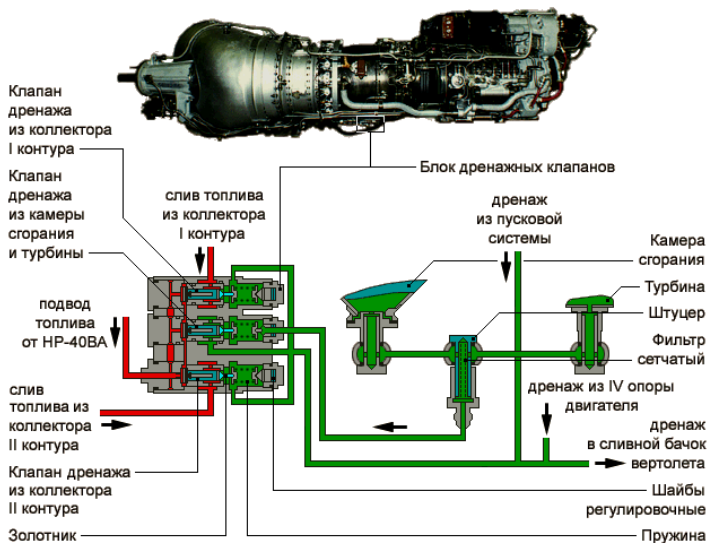


Рис. 1.15. Схема дренажной системы двигателя

Во избежание засорения дренажных клапанов топливо, сливаемое из камеры сгорания и корпусов сопловых аппаратов турбин, фильтруется сетчатым фильтром.

Из блока дренажных клапанов топливо отводится в сливной бачок трубкой, в которую также подключается дренаж из топливной пусковой системы, полости четвертой опоры двигателя и выхлопного патрубка.

## 2. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ И КОНСТРУКЦИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ДВИГАТЕЛЯ ТВ2-117

Гидравлическая система двигателя ТВ2-117 выполняет следующие функции:

а) поворачивает лопатки входного направляющего аппарата и направляющие лопатки I, II и III ступеней компрессора по заданной программе в зависимости от оборотов ротора компрессора ( $N_{\text{тк}}$ ) и температуры воздуха на входе в двигатель ( $t_{\text{н}}$ );

б) при запуске двигателя на заданных числах оборотов ротора компрессора выдает электрические сигналы на отключение пусковой системы, на включение регулятора тока генератора, на отключение стартера, на выключение блокировки автоматического включения противообледенительной системы двигателя;

в) на заданных числах оборотов ротора компрессора закрывает клапаны перепуска воздуха;

г) выдает сигнальное давление на механизм ограничителя температуры газа по физическим числам оборотов ротора компрессора;

д) выдает командное давление на ограничение приведенных чисел оборотов ротора компрессора в агрегат НР-40ВА (НР-40ВГ).

В гидравлическую систему входят следующие агрегаты и узлы: плунжерный насос ПН-40Р; командный агрегат КА-40; два гидромеханизма; два клапана перепуска воздуха и клапан противообледенения.

Агрегаты гидравлической системы и схема их соединения трубопроводами показаны на рис. 2.1.

Топливо из топливных баков вертолета подкачивающим насосом подается под избыточным давлением 0,4–1,2 кгс/см<sup>2</sup> к входному ниппелю насоса-регулятора НР-40ВР и от него по внешнему трубопроводу к плунжерному насосу ПН-40Р (канал «И»). Пройдя сетчатый фильтр насоса, топливо поступает к качающему узлу плунжерного насоса, где давление повышается до  $P_{\text{раб}} = 27,5 \pm 2,5$  кгс/см<sup>2</sup>.

От плунжерного насоса топливо по трубопроводам направляется в командный агрегат (КА-40) к гидромеханизму и к клапану противообледенения.

При запуске двигателя двухпозиционный датчик командного агрегата направляет топливо по каналу под поршень клапана перепуска воздуха из

компрессора. При этом клапан будет открыт, и воздух от VI ступени компрессора перепускается в атмосферу. При достижении оборотов ротора турбокомпрессора  $n_{т.к} = 53 \pm 3\%$  двухпозиционный датчик командного агрегата сообщает канал от насоса со сливом и топливо из-под поршня клапана перепуска сливается на вход в плунжерный насос.

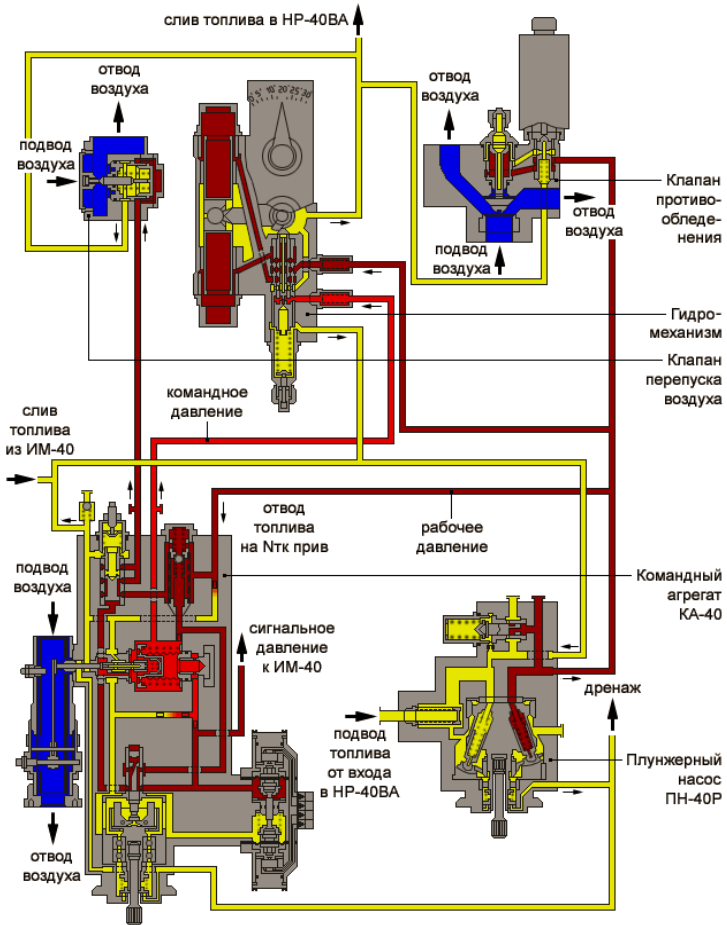


Рис. 2.1. Схема гидравлической системы

При выходе двигателя на рабочий режим от командного агрегата подается топливо под давлением  $P_{ком}$ , зависящим от оборотов ротора турбокомпрессора и температуры воздуха на входе в двигатель, для управления золотником гидромеханизма. Золотник перепускает топливо от насоса ПН-40Р с давлением  $P_{раб}$  в ту или иную полость поршня, который через

рычаги, тяги и механизм поворота лопаток разворачивает лопатки ВНА и направляющих аппаратов I–III ступеней на соответствующие углы. Кроме того, командный агрегат, в зависимости от оборотов турбокомпрессора, подает топливо с давлением  $P_{\text{сигн}}$  к исполнительному механизму ИМ-40 для ограничения максимальной температуры газов перед турбиной компрессора.

Слив топлива из командного агрегата КА-40, исполнительного механизма ИМ-40 и из полости золотника гидромеханизма производится на вход в плунжерный насос ПН-40Р. Слив топлива из клапана противообледенения, полостей поршня гидромеханизма и просочившегося топлива из клапанов перепуска производится на вход в насос-регулятор НР-40ВА (НР-40-ВГ).

## 2.1. Плунжерный насос ПН-40Р

Плунжерный насос ПН-40Р (рис. 2.2) установлен на коробке приводов. Насос получает вращение от ротора компрессора и предназначен для подачи топлива под давлением  $P_{\text{раб}}$  в командный агрегат КА-40 и систему управления двигателем.

Агрегат ПН-40Р представляет собой насос высокого давления, состоящий из ротора, наклонной шайбы, закрепленной неподвижно, семи плунжеров и плоского золотника. Ротор приводится во вращение рессорой от коробки приводов.

На входе насоса установлен топливный фильтр, а в магистраль высокого давления вмонтирован редукционный клапан. Регулировка давления производится подбором регулировочных шайб.

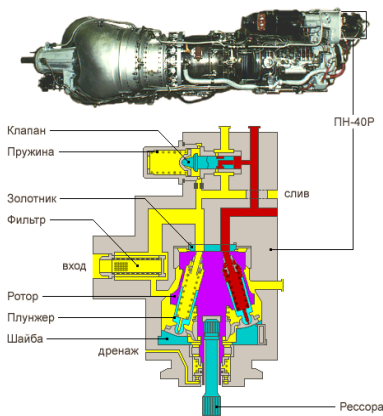


Рис. 2.2. Плунжерный насос ПН-40Р  
(внешний вид)

Топливо подается подкачивающим насосом из топливного бака вертолета. Пройдя топливный фильтр, топливо попадает на вход ротора насоса, который в процессе работы повышает давление топлива и через канал Б подает его в командный агрегат КА-40.

Основным условием надежной работы агрегата является хорошая фильтрация топлива. Топливные баки вертолета должны заправляться топливом со степенью очистки 12–16 мкм. Входной фильтр грубой очистки топлива служит для защиты качающего узла насоса от попадания случайных частиц.



Принцип действия насоса основан на том, что при вращении ротора, благодаря наклонному расположению шайбы, плунжеры совершают возвратно-поступательные движения в своих гнездах, расположенных в роторе. При этом каждый плунжер засасывает в течение примерно полуоборота ротора топливо через всасывающее окно золотника и нагнетает его в течение второго полуоборота через окно в линию высокого давления.

Редукционный клапан поддерживает на выходе из агрегата постоянное давление путем перепуска части топлива после качающего узла на вход в агрегат. Клапан перемещается во втулке, нагружен слева пружиной и давлением сливаемого топлива. Справа на торец клапана действует давление топлива за качающим узлом. Величина давления обеспечивается силой натяжения пружины. Если давление на выходе из агрегата начнет падать, клапан под действием пружины переместится вправо, перепуск топлива на слив уменьшится и давление восстановится до заданного. Если давление на выходе начнет повышаться, то клапан, преодолев усилие пружины, переместится влево и увеличит перепуск топлива на слив, при этом давление опять восстановится до заданного.

### 2.3. Командный агрегат КА-40

Командный агрегат КА-40 (рис. 2.3 и 2.4) установлен на коробке приводов, имеет привод от ротора компрессора и предназначен для управления двигателем путем выдачи гидравлических и электрических сигналов в систему управления.

Командный агрегат обеспечивает:

а) подачу командного давления ( $P_{\text{ком}}$ ) к гидромеханизмам поворота лопаток направляющих аппаратов компрессора по заданной программе в зависимости от числа оборотов ротора компрессора и температуры воздуха на входе в двигатель;

б) подачу командного давления ( $P_{\text{ком}}$ ) на ограничитель приведенных чисел оборотов ротора компрессора [в агрегат НР-40ВА (НР-40ВГ)];

в) подачу сигнального давления ( $P_{\text{сигн}}$ ) в клапан блокировки исполнительного механизма ИМ-40 при заданных оборотах ротора турбокомпрессора;

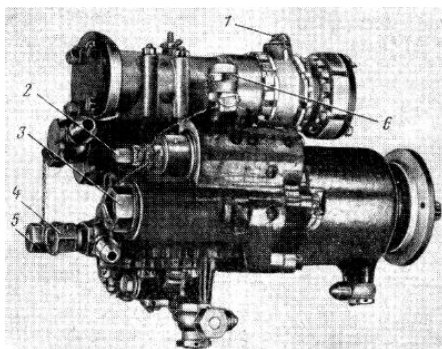


Рис. 2.3. Командный агрегат КА-40  
(внешний вид с левой стороны):

1 – винт термокоррекции; 2 – винт регулирования числа оборотов закрытия клапанов перепуска воздуха; 3 – пробка фильтра; 4 – штуцер замера давления, подводимого к клапанам перепуска воздуха; 5 – штуцер замера командного давления; 6 – клапан стравливания воздуха

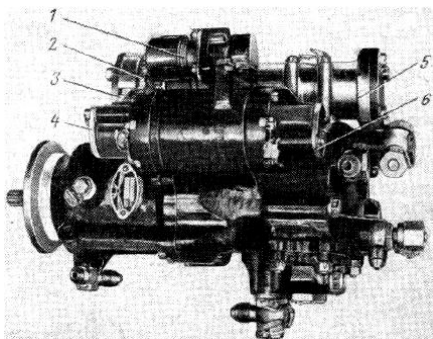


Рис. 2.4. Командный агрегат КА-40 (внешний вид с правой стороны):

1 – штепсельный разъем; 2 – контргайка фиксации фланца отвода воздуха; 3 – фланец отвода воздуха от термокомпенсатора; 4 – шайба регулировки включения регулятора тока; 5 – фланец подвода воздуха к термокомпенсатору; 6 – шайба регулировки включения блокировки противообледенительной системы и отключения стартера-генератора.

г) подачу электрических сигналов на отключение стартера, включение регулятора тока генератора и включение противообледенительной системы на заданных числах оборотов ротора компрессора двигателя;

д) подачу рабочего давления ( $P_{\text{раб}}$ ) на исполнительный механизм перепуска воздуха из компрессора на заданных числах оборотов ротора компрессора двигателя.

Основными элементами командного агрегата КА-40 (рис. 2.5) являются: центробежный датчик чисел оборотов с приводной рессорой; датчик полной температуры воздуха на входе в двигатель; датчик командного давления гидромеханизма; двухпозиционный датчик; блок контактов; фильтр 13; клапан 11 срабатывания воздуха.

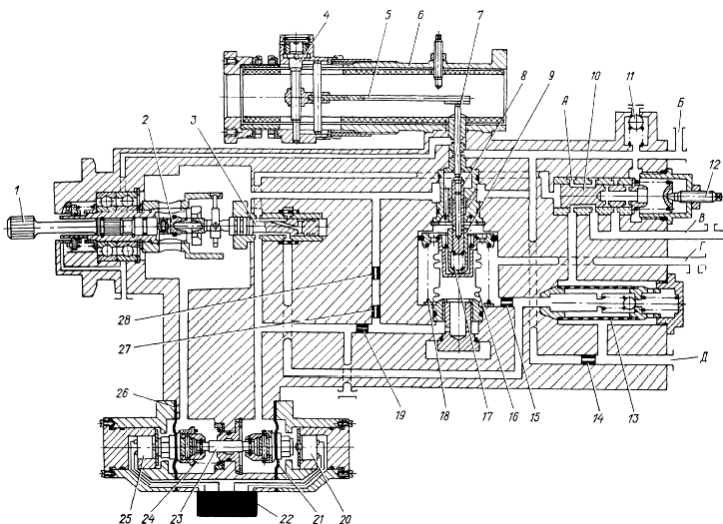


Рис. 2.5. Командный агрегат КА-40 (конструктивная схема)

В агрегат КА-40 (в канал Д) топливо подается под постоянным давлением от плунжерного насоса ПН-40Р, по двум параллельным каналам поступает к двухпозиционному датчику и сетчатому фильтру. Пройдя фильтр 13, через вращающийся золотник 3 центробежного датчика числа оборотов топливо под давлением, пропорциональным квадрату числа оборотов привода, подается к трем элементам агрегата – к мембране 21 блока электроконтактов, под золотник 10 двухпозиционного датчика и через систему жиклеров 19, 27 и 28 внутрь сиффона 16.

От фильтра 13 топливо под постоянным давлением проходит через жиклер 15, поступает в полость снаружи сиффона 16 и частично перепускается на слив по отверстиям в золотнике 8. Давление топлива за жиклером 15 (командное давление) определяется величиной давления внутри сиффона и положением конца биметаллической пластины 5. Топливо с командным давлением по каналу Г подается к гидромеханизмам поворота лопаток направляющих аппаратов компрессора двигателя и к ограничителю приведенных оборотов ротора компрессора в агрегат НР-40ВА (НР-40ВГ).

В зависимости от частоты вращения привода агрегата золотник 10 двухпозиционного датчика перепускает топливо под рабочим давлением по каналу В на открытие клапанов перепуска воздуха из компрессора.

Сетчатый фильтр 13 агрегата КА-40 служит для защиты прецизионных скользящих пар и агрегата от попадания случайных частиц. В случае засорения фильтра топливо поступает в агрегат, минуя фильтр, через шариковый клапан, вмонтированный в корпус фильтра.

**Центробежный датчик.** Центробежный датчик числа оборотов ротора компрессора обеспечивает подвод топлива под давлением (пропорциональным квадрату числа оборотов привода) в блок электроконтактов, в двухпозиционный датчик и датчик командного давления (полость снаружи сиффона).

Вращающийся золотник 3 (см. рис. 2.5) датчика перемещается во втулке и нагружен слева центробежными силами, развиваемыми грузиками 2, и давлением слива. Справа золотник уравнивается редуцированным входным давлением топлива ( $P_n$ ). Давление  $P_n$  подводится к торцу золотника через канал в золотнике и далее по диаметральному зазору. Подвод топлива по диаметральному зазору демпфирует давление в полости над торцом золотника.

Если давление  $P_n$  создает силу большую, чем центробежная сила грузиков, то золотник переместится влево и рабочей кромкой будет прикрывать отверстия подвода входного давления во втулке до тех пор, пока сила от давления на торец золотника 3 не будет равна центробежной силе грузиков. При увеличении числа оборотов привода грузики 2 перемещают золотник 3 вправо, рабочая кромка золотника увеличивает открытие отверстий подвода входного давления до тех пор, пока сила от давления на торец золотника не уравнивает центробежную силу грузиков. Поэтому можно сделать вывод, что давление топлива за центробежным датчиком будет зависеть от

частоты вращения ротора турбокомпрессора. Такое давление, как было сказано выше, называется сигнальным:  $P_{\text{п}} = P_{\text{сигн}} = f(n_{\text{тк}})$ .

Так как центробежная сила грузиков пропорциональна квадрату оборотов, то и величина  $P_{\text{сигн}}$  будет пропорциональна квадрату оборотов ротора турбокомпрессора.

**Блок контактов.** Блок контактов предназначен для выдачи сигналов на отключение стартера и на включение противообледенительной системы. К штепсельному разъему 22 (рис. 2.5) присоединены микровыключатели 25 включения регулятора тока и отключения пускового топлива и 20 отключения стартера и включения блокировки противообледенительной системы. Мембраны 21 и 26 отделяют микровыключатели от топливных полостей блока и воспринимают давление топлива.

На мембрану 26 действуют давление сливаемого топлива (на площадь мембраны) и сила натяжения пружины 24. Под действием этих сил мембрана 26 прижимает торец гайки к левой упорной шайбе и держит кнопку микровыключателя 25 в замкнутом положении. Посредством штока 23 мембрана 26 и пружина 24 связаны с мембраной 21, на которую действует давление  $P_{\text{сигн}}$ . При достижении заданного числа оборотов сила, действующая на мембрану 21, преодолев силу натяжения пружины 24, переместит мембрану 26 вправо и, освободив кнопку микровыключателя 25, выдаст сигнал на включение регулятора тока и отключение пускового топлива.

При дальнейшем нарастании давления  $P_{\text{сигн}}$  мембрана 21 продолжает перемещаться вправо. При новом заданном значении числа оборотов торец гайки мембраны 21 дойдет до упора в правую шайбу и, прижав кнопку микровыключателя 20, выдаст сигнал на отключение стартера и включение блокировки противообледенительной системы.

Регулировка моментов срабатывания микровыключателей производится их перемещением путем подбора по толщине шайб, прокладываемых под фланцы микровыключателей.

**Двухпозиционный датчик.** Двухпозиционный датчик предназначен для выдачи гидравлических сигналов (рабочего давления топлива) в механизмы клапанов перепуска воздуха из компрессора при заданных физических числах оборотов ротора компрессора двигателя. При давлении в канале «В», равном входному давлению топлива, поступающему от агрегата ПН-40Р, перепуск открыт, а при давлении, равном сливному давлению, перепуск закрыт.

Золотник 10 правого датчика нагружен пружиной и давлением сливаемого топлива, а левого – давлением  $P_{\text{сигн}}$ . До заданной величины  $P_{\text{сигн}}$  определяемой затяжкой пружины винтом 12, золотник 10 отсоединяет канал «В» от канала «Б» слива и подает в него (через наружную проточку «А» на золотнике) входное топливо из полости расположения фильтра – перепуск откроется.

При заданном числе оборотов и соответствующем давлении  $P_{\text{сигн}}$  золотник сожмет пружину и переместится вправо до упора в пробку. При этом

канал «В» отсоединится от канала входного топлива и сообщится через отверстия в золотнике с каналом «Б» слива – перепуск закроется.

**Датчик полной температуры.** Датчик полной температуры воздуха на входе в двигатель предназначен для преобразования изменения температуры в поступательное движение толкателя 7 (см. рис. 2.5). Сигнал от датчика полной температуры передается в датчик командного давления, где суммируется с сигналом центробежного датчика. Датчик температуры представляет собой биметаллическую пластину 5, консольно закрепленную в трубе теплоприемника 6, имеющей внутренний теплоизолятор.

Свободный конец пластины при изменении температуры перемещается: увеличение температуры приводит к изгибу пластины вверх, уменьшение температуры вызывает изгиб конца ее вниз (к сильфону 16). Перемещение конца пластины пропорционально изменению температуры. Ход толкателя 7 в заданном диапазоне изменения температуры зависит от рабочего плеча пластины, т.е. от расстояния между точкой контакта толкателя с пластиной и местом закрепления пластины; ход пластины пропорционален квадрату плеча пластины.

Толкатель 7 под действием пружины 17 постоянно находится в контакте с золотником 8.

**Датчик командного давления.** Датчик командного давления предназначен для выдачи гидравлического сигнала (командного давления) в гидромеханизмы поворота лопаток направляющих аппаратов компрессора и к ограничителю приведенных чисел оборотов ротора компрессора в агрегат НР-40ВА (НР-40ВГ) по заданной программе в зависимости от числа оборотов ротора компрессора и температуры воздуха на входе в двигатель.

Сильфон 16 нагружен снизу редуцированным давлением  $P_{\text{сигн}}$  воздуха (внутри сильфона), пружиной 18 и сопротивлением деформации сильфона, а сверху – командным давлением  $P_{\text{ком}}$  (снаружи сильфона) и пружиной 17.

При увеличении числа оборотов ротора компрессора двигателя давление внутри сильфона растет, но так как золотник 8 неподвижен (при постоянной температуре воздуха на входе в двигатель), ползун 9 прикрывает перепуск топлива под давлением на слив через отверстия в золотнике. Это вызывает увеличение давления  $P_{\text{ком}}$ , которое будет расти до тех пор, пока не уравновесит редуцированное давление  $P_{\text{сигн}}$ . Так как эти давления действуют на одну и ту же площадь, то прирост редуцированного  $P_{\text{сигн}}$  вызывает равный прирост  $P_{\text{ком}}$ .

Характеристика функциональной зависимости  $P_{\text{ком}} = f(n_{\text{тк}})$  при постоянной температуре  $T_{\text{вх}}$  подбирается отношением площадей входного жиклера 19 и выходных жиклеров 27, 28. При увеличении этого отношения наклон кривой характеристики увеличивается. Величина  $P_{\text{ком}}$  определяется предварительной деформацией сильфона и пружин и регулируется винтом 4. При вращении винта по часовой стрелке пластина 5 перемещается вверх от сильфона, тем самым уменьшая деформации сильфона и пружины 18. Это

вызывает уменьшение давления  $P_{\text{ком}}$ . Винт 4 осуществляет параллельное смещение характеристики  $P_{\text{ком}} = f(n_{\text{тк}})$  при постоянной температуре  $T_{\text{вх}}^*$ .

При уменьшении температуры воздуха на входе в двигатель датчик полной температуры перемещает толкатель 7 с золотником 8 вниз. Это приводит к уменьшению открытия отверстия в золотнике 8 перепуска топлива под давлением  $P_{\text{ком}}$  на слив (т.е. к увеличению  $P_{\text{ком}}$ ), и сильфон с поршнем занимают новое равновесное положение, соответствующее положению золотника 8.

Диапазон изменения  $P_{\text{ком}}$  в зависимости от  $T_{\text{вх}}^*$  при постоянных числах оборотов зависит от хода толкателя 7 и регулируется рабочим плечом пластины 5. Для увеличения диапазона изменения командного давления в зависимости от изменения температуры муфту с регулировочным винтом 4 и пластиной 5 перемещают влево. При этом увеличивается рабочее плечо пластины и конец ее в заданном диапазоне температур будет делать больший ход и, следовательно,  $P_{\text{ком}}$  будет изменяться на большую величину. Для уменьшения диапазона муфту перемещают вправо.

Таким образом, можно сделать вывод, что величина командного давления зависит как от оборотов ротора турбокомпрессора, так и от температуры воздуха на входе в компрессор. Причем, рост оборотов приводит к росту  $P_{\text{ком}}$ , а рост температуры – к снижению. Поэтому величина  $P_{\text{ком}}$  определяется приведенными оборотами ротора турбокомпрессора:  $P_{\text{ком}} = f(n_{\text{тк.пр}})$ .

**Клапан стравливания.** Клапан 11 стравливания (см. рис. 2.5) предназначен для выпуска воздуха и паров топлива из внутренних полостей агрегата при заполнении топливной системы двигателя топливом. Для открытия клапана применяют специальное приспособление, с помощью которого нажимают на шарик клапана.

Жиклер 14 – вентиляционный, через него, при заполнении системы двигателя топливом, воздух и пары из агрегата ПН-40Р вытесняются к клапану 11.

## 2.4. Гидромеханизмы

Для поворота лопаток входного направляющего аппарата и направляющих аппаратов первых трех ступеней компрессора по обеим сторонам корпуса компрессора установлено по одному гидромеханизму (рис. 2.6).

Каждый гидромеханизм имеет один ведущий и три ведомых рычага, соединенных между собой тягами. Ведущий рычаг соединен с поршнем 6 (рис. 2.7), управляемым сервозолотником 11.

Топливо с командным давлением, подаваемое агрегатом КА-40, подводится к штуцеру 14. Топливо с рабочим давлением подводится к штуцеру 13. Каналы 10 и 15 соединены со сливным каналом.

С увеличением командного давления сервозолотник 11 вместе с сервопоршнем 16, сжимая пружину 3, отходит влево, открывает вход топливу с рабочим давлением в правую полость поршня 6, а левую полость поршня соединяет со сливом.

Поршень 6 начинает перемещаться влево, поворачивая против часовой стрелки ведущий рычаг 4 и сидящий с ним на одном валике профильный кулачок 9, который смещает гильзу 12 обратной связи вслед за сервозолотником 11.

С уменьшением командного давления сервозолотник 11 под действием пружины движется вправо и топливо с рабочим давлением подается в левую полость поршня, а правая полость соединяется со сливом. Гильза 12 обратной связи всегда прижата командным давлением к кулачку 9 и перемещается вслед за сервозолотником 11.

Для визуального контроля за углом поворота гидромеханизма имеется стрелка 8, укрепленная на оси рычага направляющего аппарата III ступени компрессора, и шкала 7, которые показывают положение лопаток направляющих аппаратов I и II ступеней. Углы поворота лопаток входного направляющего аппарата и лопаток направляющего аппарата III ступени зависят от замеренного угла также как, отношение длины плеч соответствующих ведущих рычагов к длине плеч ведущих рычагов направляющих аппаратов I и II ступеней.

Для регулирования углов поворота лопаток направляющих аппаратов компрессора по соответствующему командному давлению предусмотрен регулировочный винт 2 с контргайкой 1.

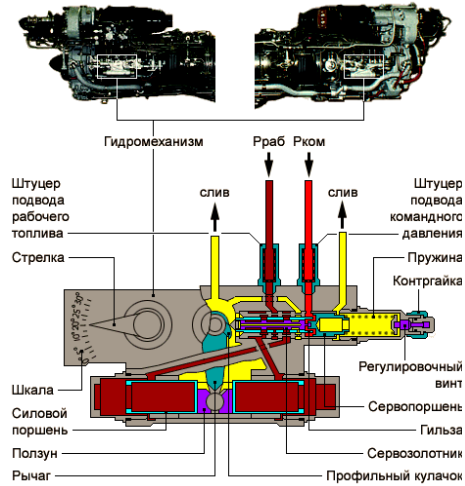


Рис. 2.6. Гидромеханизмы

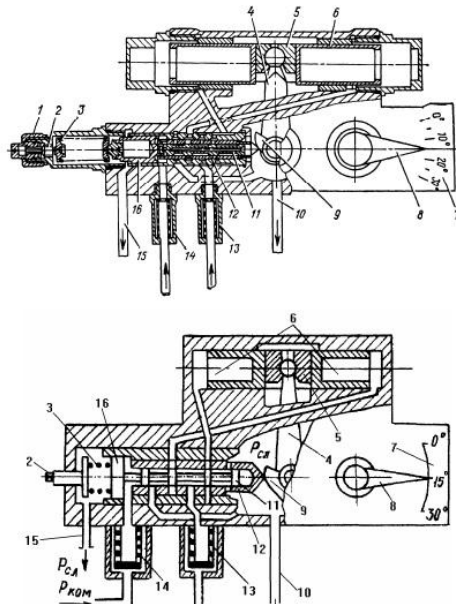


Рис. 2.7. Гидромеханизм (конструктивная схема)

## 2.5. Клапан противообледенения

Противообледенительный клапан (рис. 2.8) предназначен для перепуска горячего воздуха из полости корпуса камеры сгорания в каналы корпуса первой опоры двигателя на обогрев элементов конструкции его передней части. Установлен на среднем корпусе компрессора.

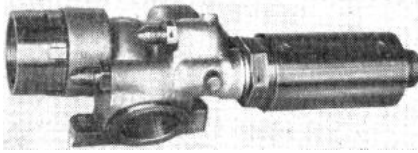


Рис. 2.8. Противообледенительный клапан (внешний вид)

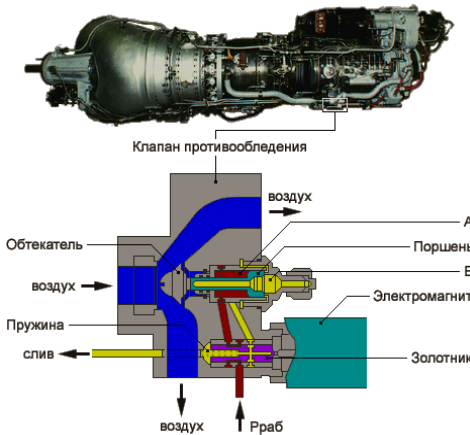


Рис. 2.9. Противообледенительный клапан (конструктивная схема)

Под действием давления топлива поршень вместе с клапаном передвигаются вправо и открывают доступ горячему воздуху из полости корпуса камеры сгорания в корпус первой опоры двигателя.

При отключении электромагнита золотник под действием пружины перемещается в крайнее правое положение. При этом топливо под рабочим давлением поступает в полость (Б) поршня, а полость (А) сообщается со сливом. Поршень, передвигаясь влево, плотно прижимает клапан к седлу и удерживает его в закрытом положении.

Противообледенительный клапан (рис. 2.9) состоит из корпуса, поршневого и золотникового механизмов и электромагнитного клапана.

Топливо под рабочим давлением подводится к клапану от плунжерного насоса ПН-40Р. Для дополнительной очистки топлива с двигателем № С94101082 на противообледенительный клапан установлен топливный фильтр б.

При включении противообледенительной системы электрический ток подается на обмотку электромагнита, его сердечник перемещает золотник в крайнее левое положение. При этом топливо под рабочим давлением  $P_{раб} = 27,5 \pm 2,5$  кгс/кв.см от плунжерного насоса ПН-40Р поступает в полость (А) поршня, а полость (Б) сообщается со сливом.



## 2.6. Клапан перепуска воздуха

Клапан перепуска воздуха предназначен для перепуска части воздуха, отбираемого за VI степенью компрессора, в атмосферу с целью устранения помпажа.

Двигатель имеет два клапана перепуска воздуха, расположенных на кольцевой коробке перепуска среднего корпуса компрессора. Управляются клапаны автоматически гидросистемой двигателя.

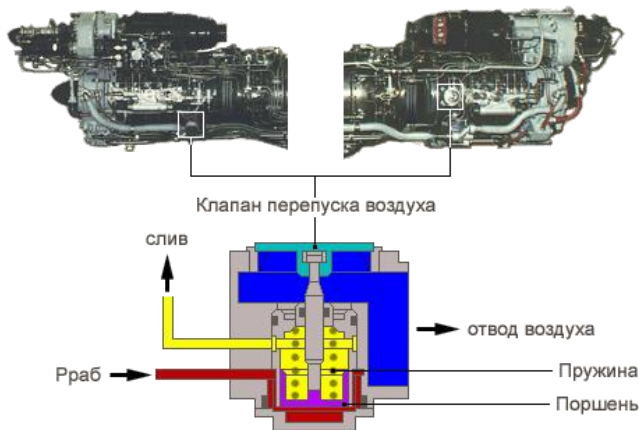


Рис. 2.10. Клапан перепуска воздуха (конструктивная схема)

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В пособии представлены общие сведения и конструкции о топливной и гидравлической системах двигателя ТВ2-117. Дано подробное описание работы агрегатов системы и отдельных узлов, представлены различия между серия выпущенных агрегатов.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Научный вестник МГТУ ГА [Текст] / Федер. агентство возд. транспорта, Моск. гос. техн. ун-т гражд. авиации / [отв. ред. В. С. Шапкин]. – М.: МГТУ ГА, 1998. – (Серия Аэромеханика и прочность). 119 (9). – 2007. – 183 с.
2. Ружицкий, Е.И. Вертолеты [Текст] / Е.И. Ружицкий. – М.: Виктория, АСТ, 1997. – (Современная авиация). Т. 1. – 1997. – 192 с.
3. Данилов, В.А. Вертолет Ми-8 [Текст]: устр-во и техн. обслуживание / В. А. Данилов. – М. : Транспорт, 1988. – 278 с.
4. Володко, А.М. Вертолет в усложненных условиях эксплуатации [Текст] : учеб.-метод. пособие / А.М. Володко. – М.: КДУ, 2007. – 231 с.

*Учебное издание*

*Киселев Денис Юрьевич,  
Киселев Юрий Витальевич,  
Акифьев Владимир Иванович,  
Гульбис Антон Алексеевич,  
Тиц Сергей Николаевич*

**ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ И КОНСТРУКЦИЯ  
ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ И ТОПЛИВНОЙ СИСТЕМЫ  
ДВИГАТЕЛЯ ТВ2-117**

*Учебное пособие*

Редактор И.И. Спиридонова  
Доверстка И.И. Спиридонова

Подписано в печать 8.12.2014. Формат 60x84 1/16.  
Бумага офсетная. Печать офсетная.  
Печ. л. 2,5. Тираж 100 экз. Заказ . Арт. 12 /2014

Самарский государственный  
аэрокосмический университет.  
443086 Самара, Московское шоссе, 34.

---

Изд-во Самарского государственного  
аэрокосмического университета.  
443086 Самара, Московское шоссе, 34.

