

«ЭПАИД»

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени академика С.П. КОРОЛЕВА

РАСЧЕТ НАДЕЖНОСТИ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ
САМОЛЕТА ЯК-42

САМАРА 2002

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С.П. КОРОЛЕВА

РАСЧЕТ НАДЕЖНОСТИ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ
САМОЛЕТА 'Як-42

Практикум по курсу

НАДЕЖНОСТЬ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ

САМАРА 2002

УДК 629.7.017.1-192

Составитель: Шаяхметов В.Ш.

Расчет надежности гидравлической системы самолета Як-42.:
Практикум по курсу надежность авиационной техники. / Самар. гос.
аэрокосм. ун-т; Сост. Шаяхметов В.Ш. Самара, 2002. 18 с.

Приведены сведения о назначении, составе, работе и контроле гидравлической системы самолета Як-42. Рассмотрена работа агрегатов сети источников давления и потребителей гидросистемы, приведены схемы сети источников давления гидравлической системы, системы торможения колес шасси. Приведены исходные данные для расчета надежности гидравлической системы методом структурных схем.

Задания предназначены для студентов обучающихся по специальности 130300 – Техническая эксплуатация летательных аппаратов и двигателей и 131000 – Техническая эксплуатация авиационных электросистем и пилотажно-навигационных комплексов, а также может быть полезно студентам, интересующимся вопросами конструкции и надежности авиационной техники. Разработано на кафедре эксплуатации летательных аппаратов и двигателей.

Печатается по решению редакционно-издательского совета Самарского государственного аэрокосмического университета имени академика С.П. Королева.

Рецензент: Суслин А.В.

Оглавление

1. Исходные данные для расчета	4
2. Общие сведения о гидросистеме самолета Як-42.....	5
3. Система наддува гидробака	6
4. Сеть источников давления основной ГС.....	7
5. Сеть источников давления аварийной гидросистемы.	8
6. Управление тормозами колес.....	9

1. Исходные данные для расчета

Оценить методом структурных схем при наработке 300 часов надежность:

Вариант 7.1

Системы наддува гидробака.

Вариант 7.2

Сети источников давления основной гидравлической системы.

Вариант 7.3

Сети источников давления аварийной гидросистемы.

Вариант 7.4

Сети источников давления аварийной гидросистемы при использовании её для питания потребителей основной гидросистемы.

Вариант 7.5

Системы основного торможения.

Вариант 7.6

Системы аварийного и стояночного торможения.

Вариант 7.7

Системы торможения в целом.

Вариант 7.8

Системы основного и аварийного торможения.

Интенсивности отказов агрегатов гидравлической системы представлены в таблице 1.

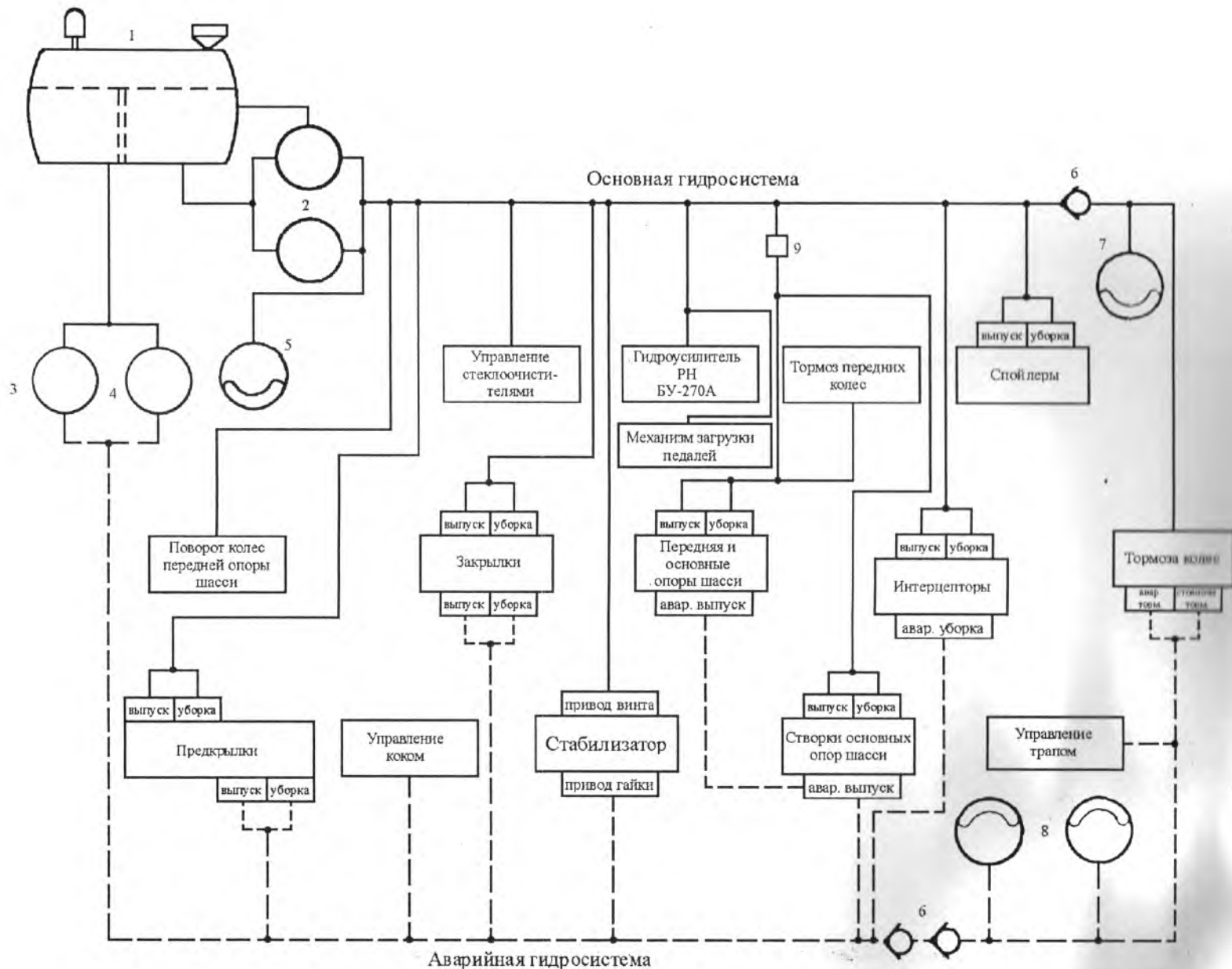


Рисунок 1 - Потребители гидросистемы

1 - гидробак; 2 - гидронасос НП72МВ; 3 - резервная насосная станция НС46-3; 4 - аварийная насосная станция НС55; 5 - гидроаккумулятор основной гидросистемы; 6 - обратный клапан; 7 - гидроаккумулятор основной тормозной системы; 8 - гидроаккумулятор аварийной тормозной системы; 9 - подпорный клапан РД20Д-2.

2. Общие сведения о гидросистеме самолета Як-42

Гидравлическая система (ГС) самолета Як-42 (рисунок 1) предназначена для привода в действие гидроагрегатов различных систем ЛА. Для обеспечения высокой надежности и живучести гидросистема выполнена в виде двух независимых автономных систем основной и аварийной. Рабочее давление в системах $15,0^{+1}_{-0,5}$ МПа, рабочая жидкость – жидкость АМГ-10 (авиационное масло гидравлическое).

Для обеспечения надежной работы ГС на всех режимах полета бак оборудован системой наддува. Заправка жидкости производится через бортовой клапан всасывания основной гидравлической системы - закрытым способом.

Основная ГС обеспечивает выполнение следующих функций:

- выпуск и уборка шасси и щитков;
- торможение колес главных ног шасси;
- торможение колес передней ноги в момент уборки шасси;
- поворот колес передней ноги шасси;
- выпуск и уборку закрылков и предкрылков;
- управление переставным стабилизатором (привод винта МПС);
- выпуск и уборку спойлеров и интерцепторов;
- питание гидроусилителя системы управления РН и механизма загрузки педалей;
- управление стеклоочистителем.

Аварийная ГС обеспечивает:

- управление стабилизатором (привод гайки МПС);
- выпуск и уборку закрылков и предкрылков;
- аварийный выпуск шасси и щитков;
- аварийное и стояночное торможение колес главных ног шасси;
- управление носовым коком;
- аварийную уборку интерцепторов;
- выпуск и уборку заднего трапа.

Потребители основной ГС могут быть задействованы от источников давления аварийной системы через клапан подключения с ручным управлением.

Для выполнения проверочных и регулировочных работ в наземных условиях основная ГС оборудована клапанами подключения наземной гидроустановки УПГ-250 ГМ.

3. Система наддува гидробака

Система наддува гидробака (рисунок 2) обеспечивает надежную бескавитационную работу насосов на всех режимах полета. Наддув осуществляется от трех двигателей Д-36 или вспомогательной силовой установки ТА-6В. При наземной отработке гидросистемы наддув гидробака осуществляется от наземной гидроустановки, через бортовой штуцер наддува (5). Давление наддува 0,18-0,25 МПа.

Система наддува состоит из:

- блока обратных клапанов ОК1 ... ОК3 (43);
- патрона-осушителя (1);
- воздушного фильтра 11ВФ12-1 (2);
- редуктора РВ-2Т (3);
- обратного клапана ОК-4 (поз 4);
- предохранительного клапана (поз 6);
- бортового штуцера наддува (поз 5).

Блок обратных клапанов служит для объединения сжатого воздуха, поступающего от 3-х двигателей и ВСУ, и предотвращения утечек воздуха через неработающий двигатель.

Обратный клапан служит для предотвращения попадания гидрожидкости из бака, в магистраль наддува при эволюциях самолета.

Воздушный редуктор РВ-2Т служит для понижения избыточного давления воздуха, поступающего в бак до величины $0,21^{+0,04}_{-0,03}$ МПа.

Предохранительный клапан служит для защиты бака от разрушения, в случае, отказа редуктора и повышения давления, при достижении давления в

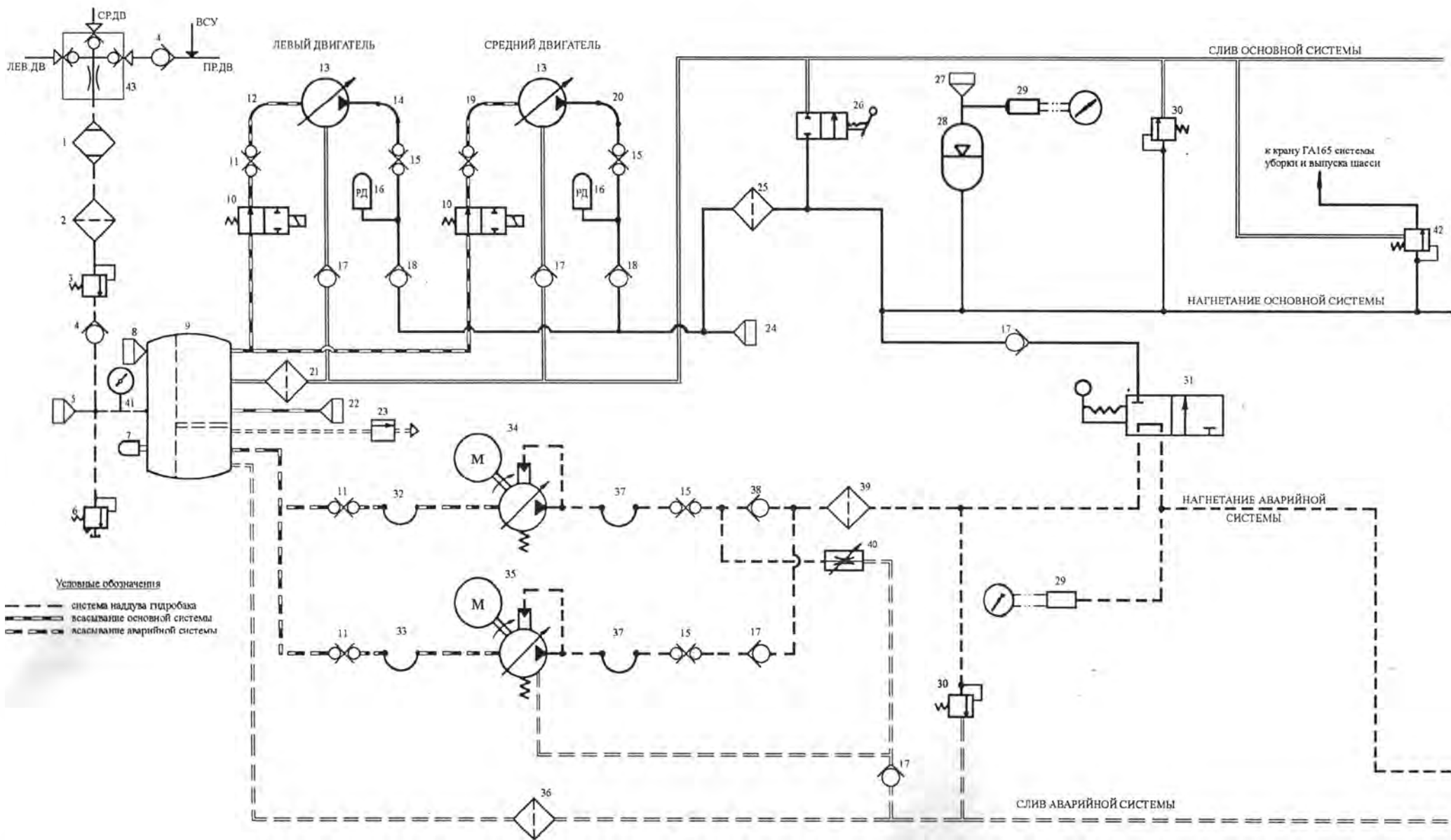


Рисунок 2 - Сеть источников давления основной и аварийной гидросистем.

1 - патрон-осушитель; 2 - воздушный фильтр 11ВФ12-1; 3 - редуктор РВ-2Т; 4 - обратный клапан; 5 - бортовой штуцер наддува 361АТ; 6 - предохранительный клапан системы наддува гидробака; 7 - датчик-сигнализатор ДСИ7-1; 8 - заливная горловина гидробака; 9 - гидробак; 10 - отсеочный клапан МКТ-162; 11 - разъемный клапан 673500ФТ; 12 - фторопластовый рукав 8ДО.447.018-70-60; 13 - гидронасос НП72МВ; 14 - фторопластовый рукав 8ДО.447.005-30-80; 15 - разъемный клапан 673100АФ; 16 - реле давления ГА135Т-00-45; 17 - обратный клапан ОК-6А; 18 - обратный клапан ОК-10А; 19 - фторопластовый рукав 8ДО.447.018-70-60; 20 - фторопластовый рукав 8ДО.447.005-30-60; 21 - фильтр 14ГФ49Т-1; 22 - бортовой клапан всасывания 6301А-5-2; 23 - сливной кран 636700А; 24 - бортовой клапан нагнетания 1925А-1-Т; 25 - фильтр 8Д2.966-018-2; 26 - стравливающий клапан; 27 - зарядный клапан 800600М; 28 - гидроаккумулятор основной системы; 29 - датчик давления ИД-240; 30 - предохранительный клапан РД22; 31 - клапан переключения; 32 - фторопластовый рукав 8ДО.447.005-70-60; 33 - фторопластовый рукав 8ДО.447.018-30-60; 34 - насосная станция НС46-3; 35 - насосная станция НС55; 36 - фильтр 14ГФ49Т-1; 37 - фторопластовый рукав 8ДО.447.005-30-60; 38 - обратный клапан ОК-8А; 39 - фильтр 8Д2.966.016-2; 40 - дроссель; 41 - манометр МА-4; 42 - подпорный клапан РД20Д-2; 43 - блок обратных клапанов.

баке 0,3-0,33 МПа клапан открывается и стравливает часть воздуха. Для контроля за давлением наддува, в магистрали подвода воздуха к гидробаку установлен манометр МА-4 (поз 41).

4. Сеть источников давления основной ГС

Сеть источников давления основной гидросистемы (рисунок 2) предназначена для питания потребителей при работающих двигателях. Источниками давления в основной ГС являются два гидронасоса НП-72МВ, установленные на левом и среднем двигателях. Гидронасос НП-72МВ имеет регулятор производительности, который при давлении в системе $15,0^{+1,0}_{-0,5}$ МПа переводит его в режим минимальной («нулевой») производительности. В случае отказа регулятора в системе установлен предохранительный клапан РД22 (поз 30), обеспечивающий сообщение линии нагнетания со сливом при достижении давления $18,0^{+0,8}_{-0,5}$ МПа. В линиях всасывания и нагнетания насосов установлены разъемные клапаны - гидроразъемы типа 673800ФТ и 673100АФ соответственно (поз 11, 15). В линии всасывания установлены отсечные клапаны МКТ162 (поз 10), служащие для перекрытия потока рабочей жидкости в условиях пожарной опасности. Их включение производится тумблерами «отсечные клапаны гидро.» на верхнем пульте кабины экипажа. Насосы подключаются в систему фторопластовыми рукавами типа 8ДО.447.018-70-60 на всасывании и 8ДО.447.005-30-80 на нагнетание. К магистралям нагнетания насосов подключены сигнализаторы давления типа ГА135Т-00-45 для контроля работы насосов (поз 16). Сигнализация о работе насосов основной системы осуществляется двумя желтыми табло «Отказ гидро. лев.» и «Отказ гидро. средн.» на верхнем пульте кабины экипажа, которые загораются при падении давления в магистрали соответствующего насоса до $4,5 \pm 1,0$ МПа.

В линии нагнетания каждого насоса установлены обратные клапаны ОК10А (поз 18) для отключения неработающего по какой-либо причине насоса от линии нагнетания (например, при проверке работы гидросистемы от назем-

ной гидроустановки). В магистралях нагнетания и слива размещены фильтры номинальной тонкостью фильтрации 12 ... 16 мкм типа 8Д2.966-018-2 и 14ГФ49Т-1 соответственно.

Сравливание давления в основной ГС может быть выполнено клапаном сравливания (поз 26). Для уменьшения пульсаций давления в гидросистеме и для питания потребителей в линии нагнетания установлен гидроаккумулятор (поз 28).

Потребители основной ГС могут быть «запитаны» от источников давления аварийной гидросистемы через клапан переключения (поз 31) с ручным управлением и обратный клапан (поз 17).

На земле, для обработки гидросистемы, к магистрали источников давления основной гидросистемы может подключаться наземная гидроустановка. При этом забор жидкости из бака гидросистемы осуществляется через бортовой клапан всасывания (поз 22), а подача жидкости в систему через бортовой клапан нагнетания (поз 24).

5. Сеть источников давления аварийной гидросистемы.

Источниками давления аварийной ГС являются: резервная насосная станция НС46-3 (поз 34) и аварийная насосная станция НС55 (поз 35). Резервная насосная станция НС46-3 с электродвигателем переменного тока питается от самолетной системы переменного тока. Аварийная насосная станция НС55 с электродвигателем постоянного тока питается от системы постоянного тока.

На случай выхода из строя регуляторов производительности насосных станций в системе установлен предохранительный клапан РД-22 (поз 30) срабатывающий при повышении давления выше $18,0^{+0,8}_{-0,5}$ МПа. В линиях всасывания и нагнетания насосных станций установлены разъемные клапаны (поз 11 и 15), а в линиях нагнетания обратные клапаны (поз 38 и 17).

В линиях нагнетания и слива размещены фильтры тонкой очистки 8Д2.966.016-2 (поз 39 и 36), тонкостью фильтрации 12 ... 16 мкм. Полная емкость аварийной ГС 25 л.

Давление в основной и аварийной ГС контролируется двухстрелочным манометром 2ДИМ-240Т «Гидросистема». Датчик давления основной ГС (поз 29) подсоединен к газовой полости гидроаккумулятора и при нулевом давлении в системе показывает давление зарядки гидроаккумулятора ($4,0 \pm 0,2$ МПа). Датчик давления аварийной ГС подсоединен к общей нагнетающей магистрали аварийной ГС. Дроссель (поз 40), обеспечивает минимальный расход жидкости через резервную насосную станцию НС46-3, при котором обеспечивается охлаждение деталей станции на режиме минимальной производительности.

6. Управление тормозами колес

Тормозная система обеспечивает торможение колес самолета на пробеге, рулежке и стоянке. Тормозная система включает в себя основную, аварийную и стояночную систему. Основная – система оборудована антиюзовой автоматикой - обеспечивает высокую эффективность торможения и защиту пневматиков от юза; питание получает от основной гидравлической системы самолета. Управление производится тормозными педалями, установленными на педалях управления рулем направления. Тормозные педали воздействуют на редукционные клапаны УГ149 (поз 4 рисунок 3), которые при полном нажатии на тормозную педаль обеспечивают давление в тормозах $p=100 \pm 10$ кгс/см². Для повышения маневренности на рулежке управление, наряду с одновременным торможением всех колес, обеспечивает раздельное торможение колес левой и правой ног.

Система аварийного торможения питается от аварийной гидравлической системы самолета. Управление производится двумя рукоятками АВАРИЙНОЕ ТОРМОЖЕНИЕ, расположенными на левой вертикальной стенке среднего пульта в кабине экипажа. Левая рукоятка, воздействуя на редукционный клапан УГ122-2 (поз 18), затормаживает колеса левой ноги, правая - правой, что позволяет осуществлять раздельное торможение и от аварийной системы. Полное отклонение рукоятки вниз обеспечивает давление в тормозах колес $100(+15;-10)$ кгс/см². Давление в основной и аварийной системах контролируется двумя

двухстрелочными манометрами, установленными на приборной доске кабины экипажа.

В основную тормозную систему входят следующие гидроагрегаты: четыре редукционных клапана УГ149 (поз 4), четыре дозатора ГА175 (поз 6), восемь антиюзовых автоматов УА58 (поз 13), четыре челночных клапана УГ128 (поз 7), восемь модуляторов УГ148А-4 (поз 12), четыре датчика давления ИД-150 (поз 8), гидроаккумулятор (поз 3) и два гидравлических выключателя УГ34/6 (поз 5).

Редукционные клапаны УГ149, в зависимости от величины нажатия, обеспечивают давление в тормозах в пределах от 0 до $100 \pm 10 \text{ кгс/см}^2$. Через клапаны, установленные под педалями второго пилота, давление поступает к клапанам УГ149 командира корабля и через них - к дозаторам. Этим устраняется необходимость установки челночных клапанов. При одновременной работе двух пилотов давление в тормозах определяется клапаном, получившим большее обжатие, независимо от расположения клапана.

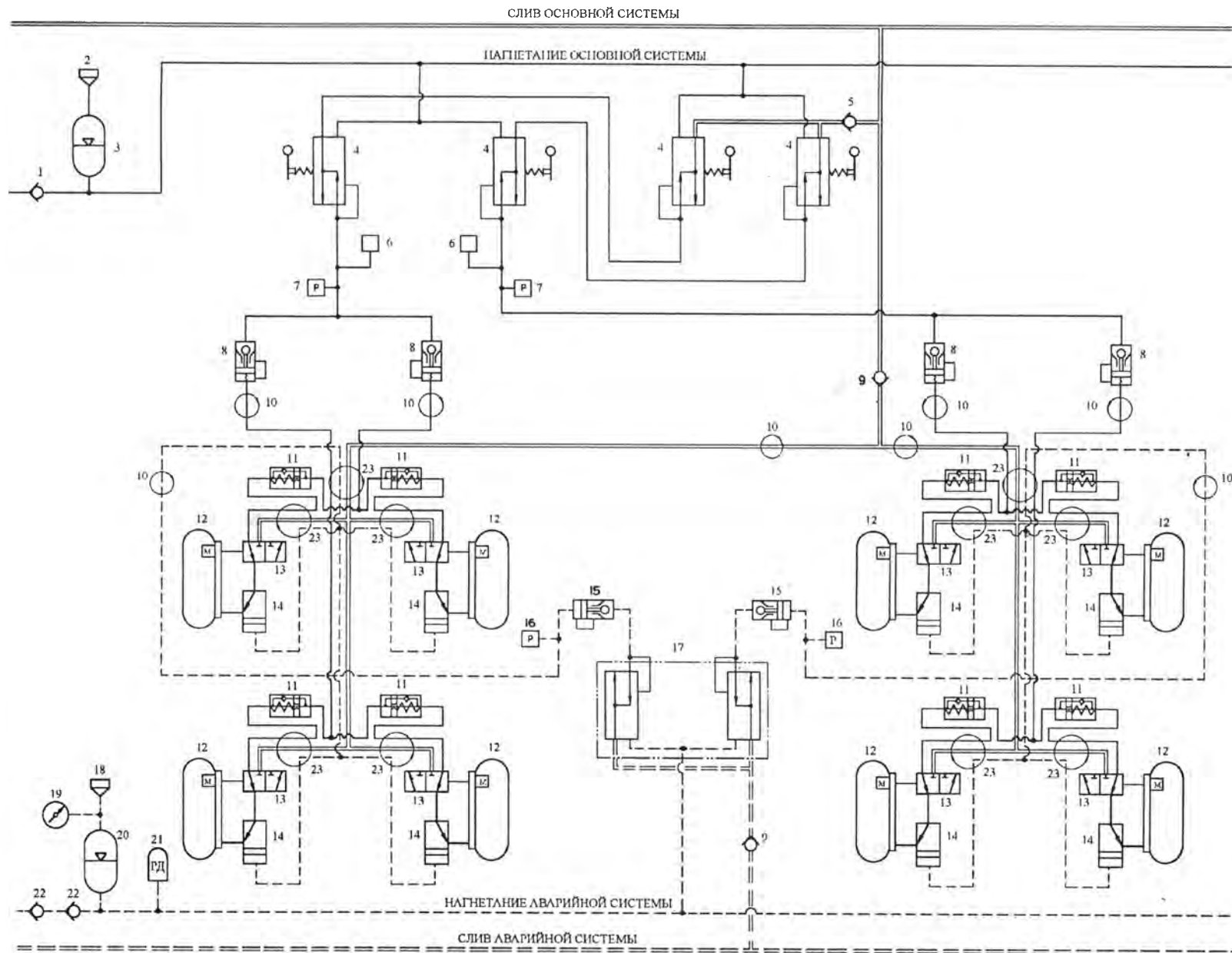
Дозаторы ГА175 при разрушении трубопровода между ними и тормозами перекрывают проход и защищают систему от вытекания жидкости. Клапан перепускает заданный объем жидкости от редукционного клапана УГ149 через челночные клапаны, модуляторы УГ148А-4 к антиюзовым автоматам УА58.

Модуляторы УГ148А установлены в трубопроводах подвода давления к каждому тормозу. Обеспечивают гашение колебаний давления непосредственно перед тормозов, возникающих при работе антиюзового автомата УА58.

Антиюзовый автомат УА58 обеспечивает эффективное торможение и защиту от юза, регулируя давление жидкости в тормозе колеса КТ141А, в зависимости от угловой скорости колеса.

В тормозе каждого колеса установлены 8 тормозных цилиндров обеспечивающих сжатие пакета тормозных дисков и торможение при подаче давления в тормоз.

Контроль за давлением в тормозах колес левой и правой ноги осуществляется датчиками ИД-150 (поз 8) двухстрелочных указателей УИ-2-150 уста-



- 1 - обратный клапан ОК-8А;
- 2 - зарядный клапан 800600М;
- 3 - гидроаккумулятор;
- 4 - редукционный клапан УГ149;
- 5 - обратный клапан ОК-8А;
- 6 - гидравлический выключатель УГ-34/6;
- 7 - датчик давления ИД-240сД59-2;
- 8 - дозатор ГА175-00-3/Г;
- 9 - обратный клапан ОК-6А;
- 10 - гидрошарнир;
- 11 - модулятор УГ148А-4;
- 12 - колесо КТ-141А;
- 13 - антиюзный автомат УА58;
- 14 - челночный клапан УГ128;
- 15 - дозатор ГА172-00-3/Г;
- 16 - датчик давления ИД-150сД59-2;
- 17 - клапан аварийного торможения УГ122-2;
- 18 - зарядный клапан 800600М;
- 19 - манометр МА-250-1;
- 20 - гидроаккумулятор;
- 21 - реле давления ГА135Т-00-110;
- 22 - обратный клапан ОК-6А;
- 23 - гидрошарнир.

Рисунок 3 - Схема гидравлической системы управления тормозами колес.

новленных на левой приборной доске: ТОРМОЗА КОЛЕС ЛЕВ. ОПОРЫ ПЕРЕДН.-ЗАДН., ПРАВ. ОПОРЫ ПЕРЕДН.-ЗАДН.

Челночный клапан УГ128 служит для автоматического подключения тормоза колеса КТ141А к основной или аварийной системе торможения при включении в работу одной из них.

Гидравлические выключатели УГ34/6 зажимают сигнальное табло ОТПУСТИ ТОРМОЗА, если летчик нажал на тормозные педали до касания колесами земли.

Система аварийного торможения.

Система аварийного торможения предназначена для торможения колес в случае отказа основной системы.

Контроль за давлением в тормозах аналогичен основной системе.

В аварийную тормозную систему входят следующие гидроагрегаты: редукционный клапан УГ122-2 (поз 18), четыре дозатора ГА175 (поз 15), гидроаккумулятор (поз 3), реле давления ГА135Т (поз 19) установлено в магистрали аварийного торможения и замыкает контакты сигнального табло ЗАРЯДИ АВАР. ТОРМ., расположенного на верхнем пульте кабины экипажа, при падении давления ниже 108 кгс/см^2 . При отказе источников давления аварийной гидросистемы, аварийное торможение может осуществляться с использованием энергии накопленной гидроаккумулятором.

Система стояночного торможения

Стояночное торможение включается рукояткой под левой приборной доской СТОЯНОЧНОЕ ТОРМОЖЕНИЕ, которая тросовой проводкой связана с редукционным клапаном УГ149 (поз 4) стояночного торможения. При вытягивании рукоятки происходит обжатие штока УГ149 и в таком положении рукоятка фиксируется. При полном обжатии штока редукционный клапан обеспечивает давление в тормозах $70 \pm 5 \text{ кгс/см}^2$.

В тормоза колес давление поступает через челночные клапаны УГ128 (поз 11), минуя модулятор и антиюзный автомат.

В магистрали подвода жидкости к тормозам установлены гидровыключатель УГ34/6 включающий табло ВЫКЛЮЧИ СТОЯНОЧНЫЙ ТОРМОЗ и реле давления ГА135Т-00-45 которое при давлении в магистрали 45...65 кгс/см² включает табло на верхнем щитке СТОЯН. ТОРМОЗ ВКЛ.

Таблица 1 – Интенсивности отказов элементов гидросистемы

Наименование элемента	λ , 1/час
Блок обратных клапанов	$5 \cdot 10^{-5}$
Обратный клапан системы наддува г/б	$2 \cdot 10^{-5}$
Патрон осушитель	$1,5 \cdot 10^{-5}$
Воздушный фильтр 11ВФ12-1	$1 \cdot 10^{-5}$
Редуктор РВ-2Т	$4 \cdot 10^{-5}$
Бортовой штуцер наддува	$0,5 \cdot 10^{-5}$
Предохранительный клапан системы наддува г/б	$3 \cdot 10^{-5}$
Манометр МА-4	$0,7 \cdot 10^{-5}$
Гидробак	$3 \cdot 10^{-5}$
Фильтры г/с	$1,3 \cdot 10^{-5}$
Отсечной клапан МКТ-162	$4 \cdot 10^{-5}$
Разъемные клапаны	$0,1 \cdot 10^{-5}$
Фторопластовые рукава	$0,1 \cdot 10^{-5}$
Насос НП-72МВ	$5 \cdot 10^{-5}$
Реле давления ГА135Т-00-45	$2,5 \cdot 10^{-5}$
Обратные клапаны г/с	$1 \cdot 10^{-5}$
Бортовой клапан нагнетания	$1 \cdot 10^{-5}$
Бортовой клапан всасывания	$1 \cdot 10^{-5}$
Клапан стравливания	$1,5 \cdot 10^{-5}$
Гидроаккумулятор	$1 \cdot 10^{-5}$
Зарядный клапан гидроаккумулятора	$3 \cdot 10^{-5}$
Датчик давления ИД-240	$1,8 \cdot 10^{-5}$
Предохранительный клапан РД-22	$0,7 \cdot 10^{-5}$
Подпорный клапан РД20Д-2	$0,5 \cdot 10^{-5}$
Резервная насосная станция НС46-3	$3 \cdot 10^{-5}$
Аварийная насосная станция НС55	$2,2 \cdot 10^{-5}$

Окончание таблицы 1

Дроссель	$0,1 \cdot 10^{-5}$
Клапан переключения	$1,2 \cdot 10^{-5}$
Редукционный клапан УГ149	$2,4 \cdot 10^{-5}$
Гидравлический выключатель УГ-34/6	$0,9 \cdot 10^{-5}$
Датчик давления ИД-240сД59-2	$1,8 \cdot 10^{-5}$
Дозатор ГА175-00-3/Г	$0,2 \cdot 10^{-5}$
Гидрошарнир	$2,6 \cdot 10^{-5}$
Модулятор	$1,05 \cdot 10^{-5}$
Антиюзовой автомат	$3,6 \cdot 10^{-5}$
Челночный клапан	$1,6 \cdot 10^{-5}$
Колесо	$3,7 \cdot 10^{-5}$
Клапан аварийного торможения	$2,9 \cdot 10^{-5}$
Дозатор ГА172-00-3/Г	$0,25 \cdot 10^{-5}$
Датчик давления ИД-150сД59-2	$1,74 \cdot 10^{-5}$
Тормозной цилиндр	$0,35 \cdot 10^{-5}$

Решение должно содержать:

1. Принципиальную схему и краткое описание ее работы.
2. Влияние отказов агрегатов на работу системы.
3. Структурную схему системы.
4. Уравнения надежности блоков и всей системы.
5. Рассчитанные значения интенсивности отказов, вероятности безотказной работы системы, среднего времени наработки на отказ.

Учебное издание
РАСЧЕТ НАДЕЖНОСТИ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ
САМОЛЕТА Як-42

Практикум по курсу надежность авиационной техники

Составитель: Шаяхметов В.Ш.

Самарский государственный аэрокосмический университет
им. академика С.П. Королева.
443086 Самара, Московское шоссе, 34.