

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

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

АНАЛИЗ НАДЁЖНОСТИ СИСТЕМЫ САМОЛЁТА НА ЭТАПЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Утверждено Редакционно-издательским советом университета в качестве
методических указаний к лабораторной работе

Самара
Издательство СГАУ
2010

УДК СГАУ: 629.7.001(075)

ББК 68.53я7

Составитель *Нападов Константин Александрович*

АНАЛИЗ НАДЁЖНОСТИ СИСТЕМЫ САМОЛЁТА НА ЭТАПЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ:
метод. указания к лаб. работе / *К.А. Нападов*. - Самара: Изд-во СГАУ,
2010. - 20 с .

Студентам предлагается провести анализ надежности системы самолета методом структурных схем. Исходные данные для расчета надежности (наработка на отказ, параметры потока отказов входящих в систему элементов) являются результатом статистической обработки реальной эксплуатации.

Методические указания предназначены для студентов-магистрантов по направлению подготовки 160100.68 «Авиастроение», обучающихся по магистерской программе «Проектирование, конструкция и CALS-технологии в авиационной технике» СГАУ при изучении дисциплины «Надёжность и эксплуатация самолётов».

Методические указания могут использоваться студентами очной и очно-заочной форм обучения, изучающих курс диагностики, надежности, эксплуатации и безопасности летательных аппаратов.

Выполнены на кафедре конструкции и проектирования летательных аппаратов.

УДК СГАУ: 629.7.001(075)

ББК 68.53я7

1 Цель и задачи работы

Целью лабораторно-практических занятий является закрепление и углубление знаний, полученных на лекциях по курсу «Надежность и эксплуатация самолетов», а также приобретение студентами практических навыков анализа надежности систем самолета на этапе его проектирования.

2 Порядок проведения работы

Занятия проводятся в три этапа.

2.1 Исследование принципиальной схемы

По полученной в задании принципиальной схеме устройства или системы (см. рис. 2–16 в Прил. 1 [1]) и времени полета, студент самостоятельно определяет тип самолета (если он не определен в задании), основные условия его эксплуатации, решаемые им задачи и анализирует влияние различных типов отказов данной системы в целом на результаты полета (катастрофа, потеря самолета, авария, невыполнение задания, вынужденная посадка и т.д.)

Далее проводится анализ возможных отказов каждого элемента системы (обрыв, заклинивание, короткое замыкание и т.д.), их влияние на работоспособность системы и исход полета. Результаты исследований сводятся в таблицу и обсуждаются с преподавателем.

2.2 Составление структурных схем системы и расчет показателей надежности

Поскольку одним из условий возможности применения метода структурных схем является наличие у элементов только одного вида отказа, из результатов анализа на первом этапе студент выбирает две комбинации отказов, приводящим к двум наиболее тяжелым последствиям, и составляет соответствующие структурные схемы.

После проверки структурных схем преподавателем студент проводит расчет показателей надежности: вероятности безотказной работы системы за время полета и наработки на отказ.

Возникновение различного вида отказов каждого элемента принимаем равновероятным в соответствии с таблицей в Прил. 2.

2.3 Оценка результатов анализа и усовершенствование принципиальной схемы системы

Как заниженные, так и завышенные показатели надежности по сравнению с заданными говорят о неоптимальности имеющейся системы. Изменяя степень резервирования или количество элементов в схеме и просчитывая показатели надежности по измененной структурной схеме, студент должен добиться соответствия расчетных показателей надежности системы заданным показателям. Окончательный вариант сдается на проверку преподавателю.

Исходным документом при оценке результатов анализа являются Авиационные правила [2]. В первом приближении можно воспользоваться условным разбиением самолета на подсистемы в соответствии с рис. 1 и статистическими данными по наработке на отказ по табл. 1.

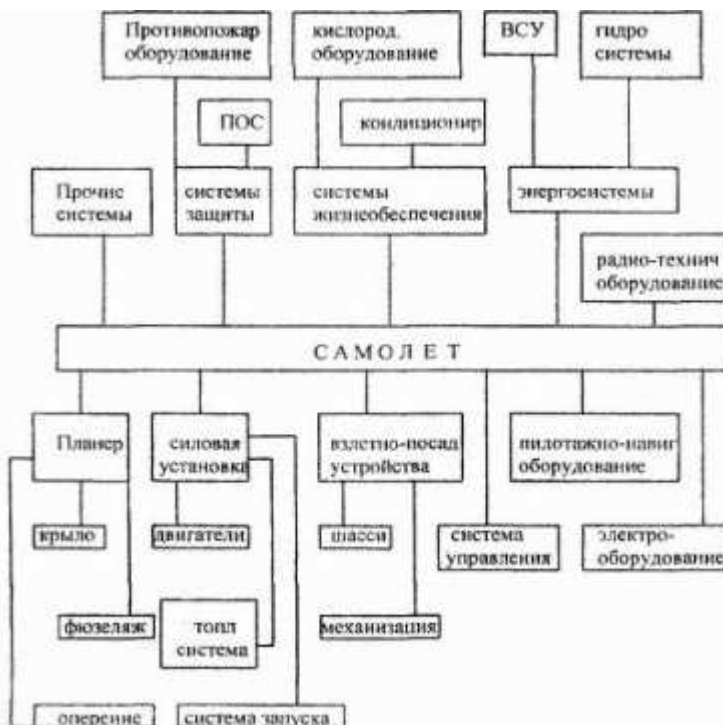
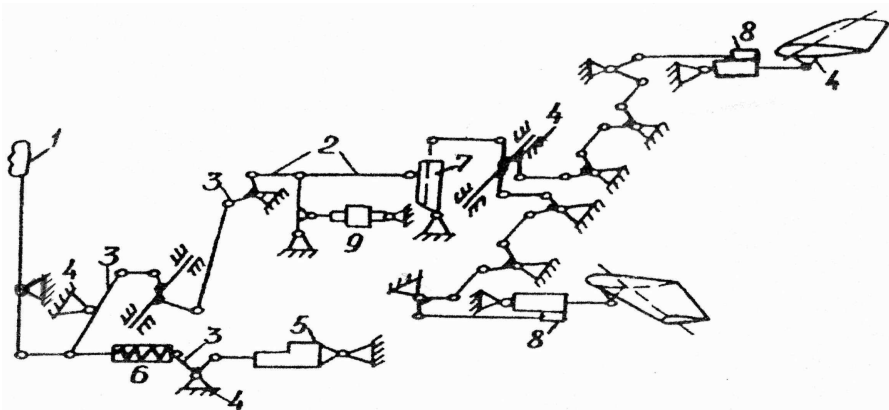


Рисунок 1 — Подсистемы самолёта

Таблица 1 — Нарботка на отказ подсистем самолета

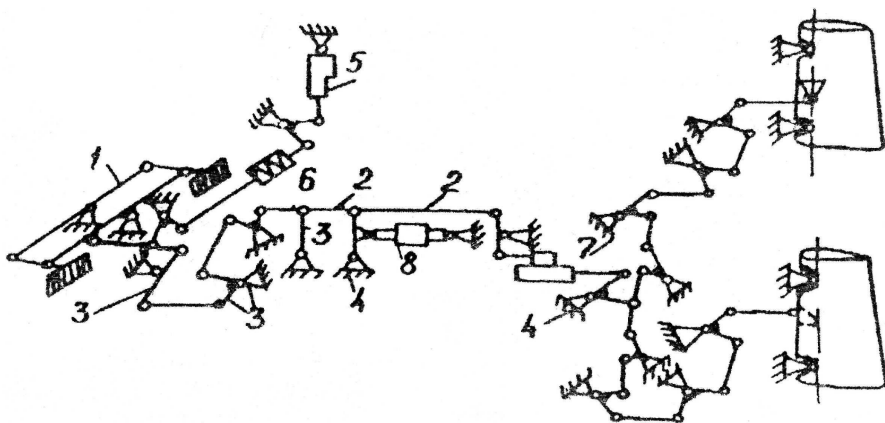
Подсистема	Нарботка на отказ, приведшая к невыполнению задания $\times 10^{-6}$, час
1. Планер	
- крыло	8,6
- фюзеляж	6,9
- оперение	8,7
2. Силовая установка	
- двигатели (с воздухозаборником и системой выхлопа)	0,65
- топливная система	0,1
- система запуска	6,8
3. Взлетно-посадочные устройства	
- шасси	0,08
- механизация	0,1
4. Система управления	0,3
5. Пилотажно-навигационное оборудование	3,4
6. Электрооборудование	0,5
7. Радиотехническое оборудование	0,6
8. Энергосистема	
- гидросистема	0,9
- ВСУ	4,4
9. Система жизнеобеспечения	
- кондиционирование	1,1
- кислородная система	3,4
10. Система защиты	
- ПОС	6,8
- противопожарная система	8,6
11. Прочие системы	0,2

Для случаев аварии (потери самолета) и катастрофы наработка на отказ увеличивается на порядок и два порядка соответственно.



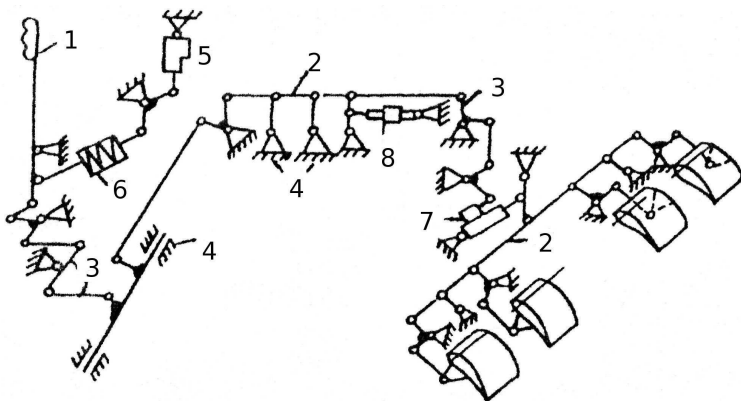
1 — ручка управления; 2 — тяга; 3 — качалка; 4 — кронштейн; 5 — механизм триммерного эффекта; 6 — загрузочный механизм; 7 — АРУ; 8 — бустер; 9 — рулевая машина автопилота

Рисунок 3 — Схема канала тангажа системы управления



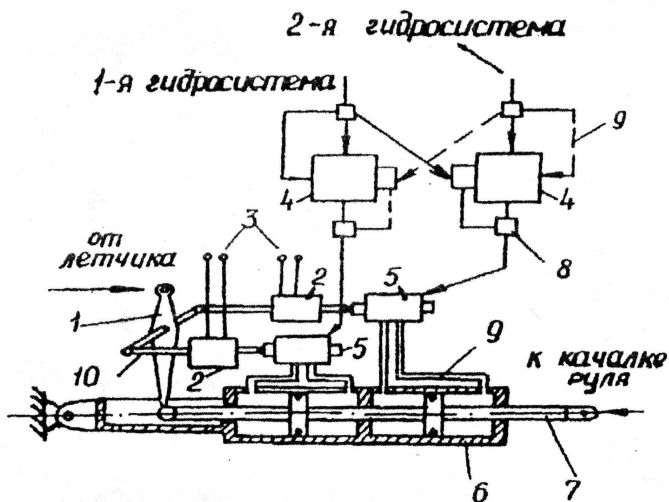
1 — ножной пост управления; 2 — тяга; 3 — качалка; 4 — кронштейн; 5 — механизм триммерного эффекта; 6 — загрузочный механизм; 7 — бустер; 8 — рулевая машина автопилота

Рисунок 4 — Схема канала управления рулями направления



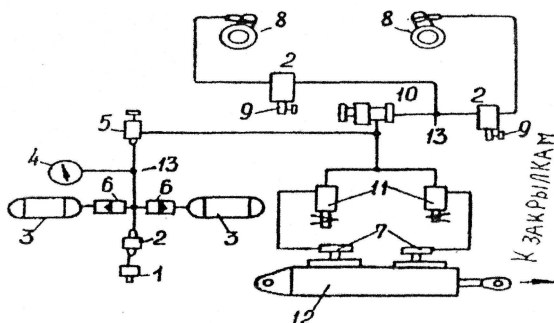
1 — ручка управления; 2 — тяга; 3 — качалка; 4 — кронштейн; 5 — механизм триммерного эффекта; 6 — загрузочный механизм; 7 — бустер; 8 — рулевая машина автопилота

Рисунок 5 — Схема канала крена системы управления



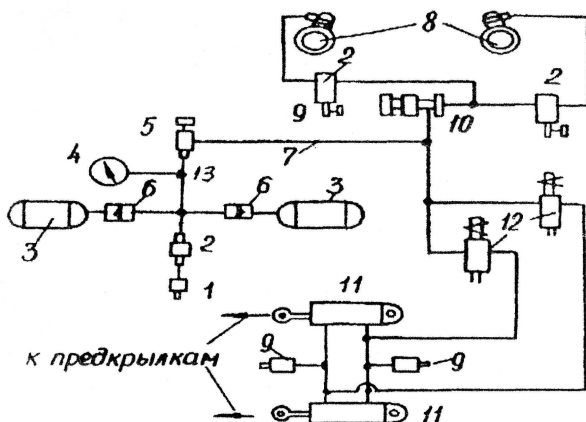
1 — входной рычаг; 2 — пружинные тяги; 3 — электросигнализация заклинивания золотника; 4 — клапаны переключения гидросистем; 5 — золотниковый распределитель; 6 — цилиндр гидроусилителя; 7 — шток с поршнями; 8 — соединение трубопроводов; 9 — трубопроводы; 10 — жесткие тяги

Рисунок 6 — Схема питания камер двухкамерного гидроусилителя



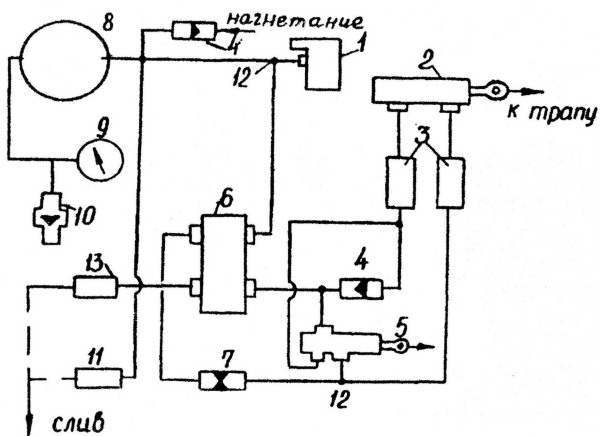
1 — зарядный штуцер; 2 — фильтр; 3 — воздушный баллон; 4 — манометр; 5 — кран; 6 — обратный клапан; 7 — золотниковый распределитель; 8 — компрессор; 9 — стравливающий клапан; 10 — автомат давления; 11 — электромагнитный клапан; 12 — воздушный цилиндр; 13 — соединение трубопроводов

Рисунок 7 — Схема воздушной системы управления закрылками



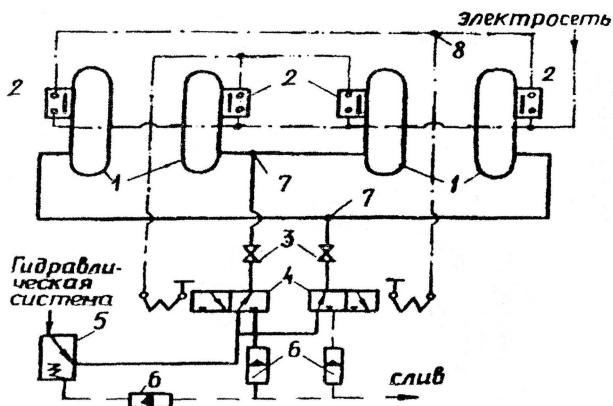
1 — зарядный штуцер; 2 — фильтр; 3 — воздушный баллон; 4 — манометр; 5 — кран; 6 — обратный клапан; 7 — трубопровод; 8 — компрессор; 9 — стравливающий клапан; 10 — автомат давления; 11 — воздушный цилиндр; 12 — электромагнитный клапан; 13 — соединение трубопроводов

Рисунок 8 — Схема воздушной системы управления предкрылками



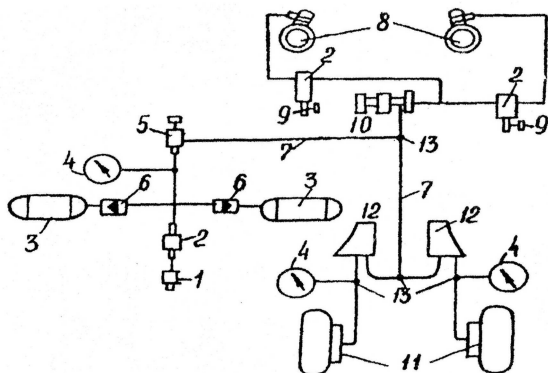
1 — реле давления; 2 — гидроусилитель; 3 — гидрошарнир; 4 — обратный клапан; 5 — гидроцилиндр замка трапа; 6 — электромагнитный клапан; 7 — дроссель; 8 — гидроаккумулятор; 9 — манометр; 10 — зарядный штуцер; 11 — стравливающий клапан; 12 — соединение трубопроводов; 13 — сливной кран

Рисунок 9 — Магистраль выпуска и уборки бортового трапа



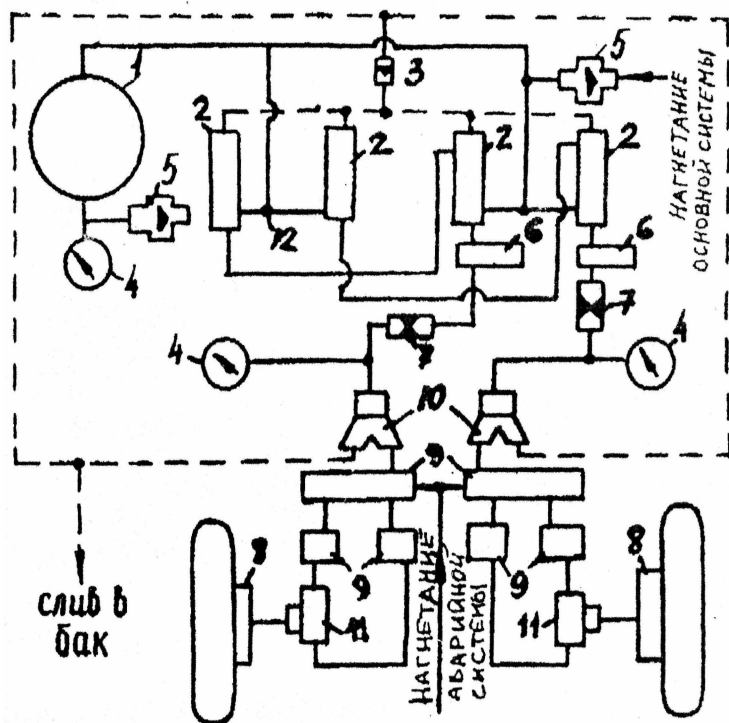
1 — тормозное колесо; 2 — инерционный датчик автомата торможения; 3 — дроссель; 4 — электромагнитный кран автомата торможения; 5 — редукционный клапан торможения; 6 — обратный клапан слива; 7 — соединение трубопроводов; 8 — соединение электросети

Рисунок 10 — Принципиальная схема тормозной системы



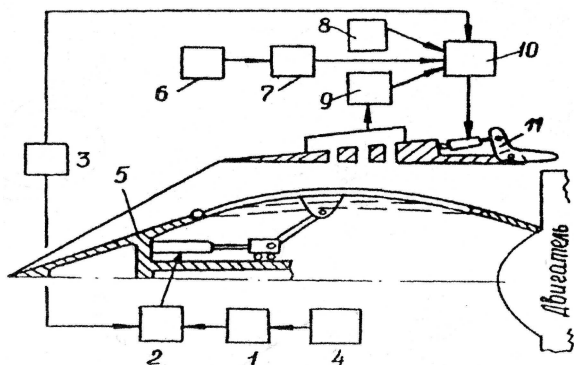
1 — зарядный штуцер; 2 — фильтр; 3 — воздушный баллон; 4 — манометр; 5 — электрогидравлический кран; 6 — обратный клапан; 7 — трубопровод; 8 — компрессор; 9 — фильтр; 10 — автомат давления; 11 — тормозная камера; 12 — редукционный клапан; 13 — соединение трубопроводов

Рисунок 11 — Схема воздушной системы торможения колес



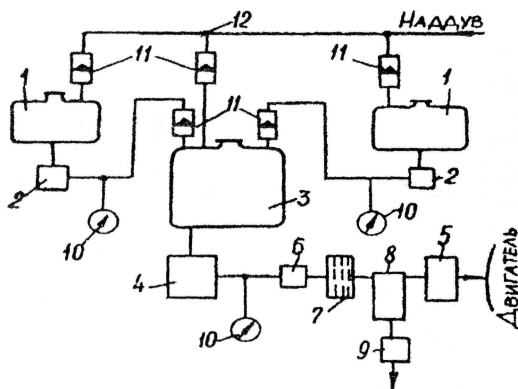
1 — гидроаккумулятор; 2 — редукционный клапан; 3 — обратный клапан; 4 — манометр; 5 — зарядный штуцер; 6 — выключатель гидравлический; 7 — дроссель; 8 — тормозная камера; 9 — гидрошарниры; 10 — электрогидравлический кран; 11 — челночный клапан; 12 — соединение трубопроводов

Рисунок 12 — Схема гидравлической системы торможения колес



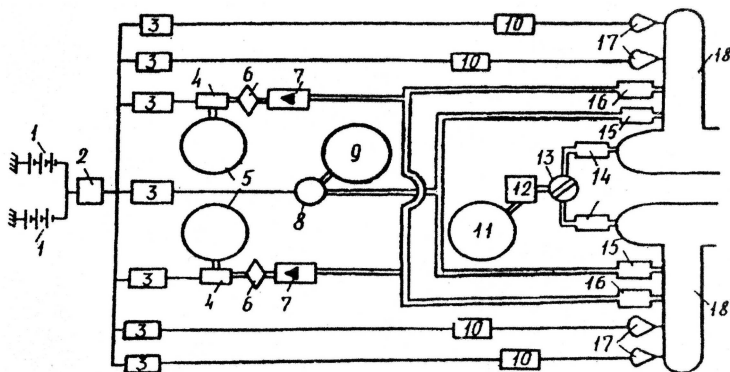
1 — датчик числа М в горле; 2 — регулятор центрального тела; 3 — ручное управление; 4 — датчик помпажа; 5 — центральное тело с механизмом регулировки; 6 — датчик «срыва»; 7 — система управление запуском; 8 — датчик числа М полета; 9 — датчик положения скачка; 10 — регулятор перепускных створок; 11 — перепускные створки с механизмом управления

Рисунок 13 — Схема регулирования сверхзвукового воздухозаборника



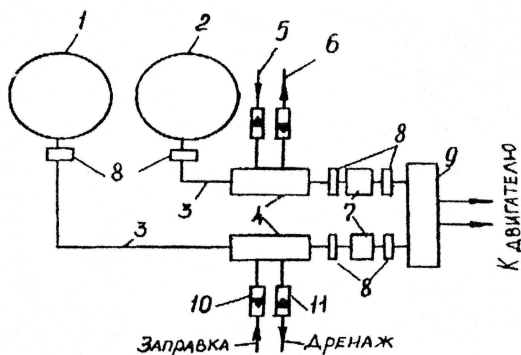
1 — топливные баки; 2 — перекачивающие насосы; 3 — расходный бак; 4 — самолетный подкачивающий насос; 5 — двигательный подкачивающий насос; 6 — отсечной клапан; 7 — фильтр; 8 — отстойник; 9 — сливной клапан; 10 — манометры; 11 — обратный клапан; 12 — соединение трубопроводов

Рисунок 14 — Схема насосной подачи топлива к двигателю



1 — аккумуляторная батарея; 2 — кнопка запуска; 3 — электропредохранитель; 4 — кислородный кран; 5 — кислородный баллон; 6 — кислородный редуктор; 7 — обратный клапан; 8 — насос пускового топлива; 9 — бак пускового топлива; 10 — катушка зажигания; 11 — бак рабочего топлива; 12 — насос рабочего топлива; 13 — рычаг управления двигателем; 14 — форсунка рабочего топлива; 15 — форсунка пускового топлива; 16 — кислородная форсунка; 17 — свеча электрозажигания; 18 — корпус пускового воспламенителя

Рисунок 15 — Принципиальная схема высотного запуска



1 — бак горючего; 2 — бак окислителя; 3 — магистральный трубопровод; 4 — отсечной клапан; 5 — заправочный трубопровод; 6 — дренажный трубопровод; 7 — сифон; 8 — фланцевые соединения; 9 — турбонасосный агрегат; 10 — обратный клапан; 11 — дренажный клапан

Рисунок 16 — Принципиальная схема топливной системы двухкомпонентного стартового ускорителя

Приложение. 2. Параметры потока отказов элементов систем

Наименование элемента	$\omega \times 10^6, \text{час}^{-1}$
1. Общие элементы систем	
Ручка управления	0,2
Ножной пост управления	0,3
Исполнительный механизм системы улучшения устойчивости и управляемости	5,0
Исполнительный механизм траекторного управления	4,0
Механизм отключения исполнительного механизма	1,0
Механизм ограничения предельных режимов	2,0
Механизм триммерного эффекта	1,0
Загрузочное устройство	0,5
Автомат регулирования усилий	2,5
Рулевая машина автопилота	3,0
Тормозная камера	0,4
2. Элементы гидравлической системы	
Гидроусилитель	5,0
Цилиндр гидроусилителя	0,5
Золотниковый распределитель	2,0
Шток с поршнями	0,2
Реле давления	0,6
Гидроаккумулятор	0,5
Гидрошарнир	1,0
Клапан переключения гидросистемы	0,2
Выключатель гидравлический	0,1
Челночный клапан	0,3
Дроссель	0,2
Обратный клапан	0,5
Зарядный штуцер	0,1
Редукционный клапан	0,2
Манометр гидравлический	0,05
Сливной кран	0,05
Стравливающий клапан	0,2
Трубопровод гидросистемы, 1 м погонный	0,01
Соединение трубопроводов гидросистемы	0,1

Наименование элемента	$\omega \times 10^6, \text{час}^{-1}$
3. Элементы воздушной системы	
Автомат давления	2,2
Воздушный баллон	1,5
Воздушный цилиндр	1,5
Золотниковый распределитель воздушного цилиндра	2,0
Воздушный фильтр	1,0
Стравливающий клапан	0,8
Зарядный штуцер	0,3
Обратный клапан	0,5
Манометр воздушный	0,2
Редукционный клапан	1,0
Воздушный трубопровод, 1 м погонный	0,02
Соединение воздушных трубопроводов	0,2
4. Элементы электросистемы	
Электрогидравлический кран	0,5
Электромагнитный клапан	0,5
Инерционный датчик автомата торможения	0,4
Электросигнализация заклинивания золотника	0,3
Соединение электросети	0,05
5. Тяги, кронштейны, рычаги	
Жесткая тяга	0,05
Пружинная тяга	0,1
Кронштейн	0,04
Входной рычаг	0,05
Качалка	0,05
6. Система управления воздухозаборником	
Система управления запуском	10,0
Центр. тело с механизмом регулировки	8,0
Регулятор центрального тела	1,5
Ручное управление	2,0
Перепуск. створки с механизмом управл.	2,0
Регулятор перепускных створок	1,5
Датчик числа М в горле	0,8
Датчик числа М полета	0,5
Датчик положения скачка	1,0
Датчик помпажа	0,5
Датчик «срыва»	1,0

Наименование элемента	$\omega \times 10^6, \text{час}^{-1}$
7. Топливная система, система запуска двигателя	
Топливные баки	5,0
Перекачивающие насосы	2,0
Расходный бак	3,0
Самолетный подкачивающий насос	2,0
Двигательный подкачивающий насос	2,0
Бак горючего	5,0
Бак окислителя	10,0
Турбонасосный агрегат	20,0
Насос рабочего топлива	10,0
Насос пускового топлива	12,0
Аккумуляторная батарея	1,0
Кислородный баллон	0,5
Кислородный редуктор	1,0
Форсунка рабочего топлива	0,5
Форсунка пускового топлива	0,5
Форсунка кислородная	0,5
Кислородный электрокран	2,5
Корпус пускового воспламенителя	0,05
Отсечной клапан	0,1
Фильтр	1,0
Отстойник	0,5
Сливной кран	0,8
Манометр	0,05
Обратный клапан	0,1
Магистральный трубопровод	0,1
Заправочный трубопровод	0,05
Дренажный трубопровод	0,05
Соединение трубопроводов	0,5
Сильфон	0,5
Фланцевое соединение	0,1
Дренажный клапан	0,2
Кнопка запуска	0,01
Электропредохранитель	0,5
Катушка напряжения	0,8
Свеча электрозажигания	1,0

Библиография

- [1] Лабораторные работы по курсу «Надёжность, живучесть и эксплуатация самолётов»/ сост. *Л. Л. Анцелиович, Ю. Н. Егоров, А. И. Ендогур, В. А. Маслов.* — М.: МАИ, 1984 — 37 с.
- [2] Авиационные правила. Часть 25. Нормы лётной годности самолётов транспортной категории/ Гл. ред. *Л. М. Берестов,* отв. ред. *А. Н. Степаненко.* — Жуковский: Лётно-исследовательский институт им. М. М. Громова, 1994. — 322 с.

Содержание

1	Цель и задачи работы	3
2	Порядок проведения работы	3
2.1	Исследование принципиальной схемы	3
2.2	Составление структурных схем системы и расчет показателей надежности	3
2.3	Оценка результатов анализа и усовершенствование принципиальной схемы системы	4
	Приложение. 1. Принципиальные схемы систем	6
	Приложение. 2. Параметры потока отказов элементов систем	16
	Библиография	19

Учебное издание

**АНАЛИЗ НАДЁЖНОСТИ СИСТЕМЫ САМОЛЁТА
НА ЭТАПЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ**

Методические указания к лабораторной работе

Составитель ***Нападов Константин Александрович***

В авторской редакции

Подписано в печать 15.11.2010. Формат 60x84 1/16.

Бумага офсетная. Печать офсетная. Печ. л. 1,25.

Тираж 50 экз. Заказ .

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

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