

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА
(РОСАВИАЦИЯ)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ» (МГТУ ГА)

Кафедра технической эксплуатации
летательных аппаратов и авиационных двигателей

С.Н. Яблонский, Ю.И. Самуленков

ОСНОВЫ ТЕОРИИ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЛА

Учебно-методическое пособие
по выполнению лабораторной работы
«Определение безотказности функциональных систем
ЛА и их изделий»

*для студентов IV курса
направления 25.03.01 (162001)
всех форм обучения*

Москва
ИД Академии Жуковского
2021

УДК 629.7.017
ББК 052-082
Я14

Рецензент:

Далецкий С.В. (ГосНИИ ГА) – д-р техн. наук, профессор

Яблонский С.Н.

Я14

Основы теории технической эксплуатации ЛА [Текст] : учебно-методическое пособие по выполнению лабораторной работы «Определение безотказности функциональных систем ЛА и их изделий» / С.Н. Яблонский, Ю.И. Самуленков. – М.: ИД Академии Жуковского, 2021. – 24 с.

Данное учебно-методическое пособие издается в соответствии с рабочей программой учебной дисциплины «Основы теории технической эксплуатации ЛА» по учебному плану для студентов IV курса направления 25.03.01 (162001) всех форм обучения.

Рассмотрено и одобрено на заседаниях кафедры 09.02.2021 г. и методического совета 21.04.2021 г.

УДК 629.7.017
ББК 052-082

В авторской редакции

Подписано в печать 28.05.2021 г.
Формат 60x84/16 Печ. л. 1,5 Усл. печ. л. 1,395
Заказ № 775/0519-УМП38 Тираж 50 экз.

Московский государственный технический университет ГА
125993, Москва, Кронштадтский бульвар, д. 20

Издательский дом Академии имени Н. Е. Жуковского
125167, Москва, 8-го Марта 4-я ул., д. 6А
Тел.: (495) 973-45-68
E-mail: zakaz@itsbook.ru

© Московский государственный технический
университет гражданской авиации, 2021

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Цели практического занятия

Целями практического занятия по теме «Определение безотказности функциональных систем ЛА и их изделий» являются:

- 1) закрепление теоретических знаний по разделу лекционных занятий «Эксплуатационно-технические характеристики (ЭТХ) ЛА»;
- 2) приобретение практических навыков анализа безотказности функциональных систем (ФС) ЛА;
- 3) определение показателей безотказности функциональных систем ЛА и их изделий конкретного ЛА.

1.2. Основные вопросы, подлежащие изучению для выполнения практического занятия

Для закрепления теоретического материала по указанной теме и для подготовки к практическому занятию студентам рекомендуется изучить следующие вопросы:

- 1) содержание понятия «безотказность объектов эксплуатации»;
- 2) состав показателей безотказности изделий авиационной техники;
- 3) методы определения безотказности изделий ФС ЛА;
- 4) методы определения безотказности ФС ЛА;
- 5) виды, состав ФС ЛА.

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ТЕМЕ

2.1. Постановка задачи

Определение показателей безотказности ФС и их изделий выполняется с целью последующего выбора рациональных стратегий их технического обслуживания.

Безотказность – свойство объекта непрерывно сохранять работоспособное состояние в течение некоторого времени или некоторой наработки в заданных условиях эксплуатации.

Показатели безотказности:

- вероятность безотказной работы: Вероятность того, что в пределах заданной наработки отказ объекта не возникнет
- средняя наработка до отказа: Математическое ожидание наработки объекта до отказа
- гамма-процентная наработка до отказа: Нарботка до отказа, в течение которой отказ объекта не возникнет с вероятностью γ , выраженной в процентах
- средняя наработка между отказами: Математическое ожидание наработки объекта между отказами
- гамма-процентная наработка между отказами: Нарботка между отказами, в течение которой отказ объекта не возникнет с вероятностью γ , выраженной в процентах

- интенсивность отказов: Условная плотность вероятности возникновения отказа объекта, определяемая при условии, что до рассматриваемого момента времени отказ не возник.

Подлежит определению показатель безотказности $P(t)$ – вероятность безотказной работы за время наработки t .

Исходной информацией является детализированная структурная схема надёжности ФС и характеристика безотказности её изделий – ω_0 (параметр потока отказов), который отражает опыт эксплуатации ЛА и был предварительно определён в результате обработки статистических данных по отказам изделий ФС (Приложения А и Б).

Определение безотказности ФС выполняется при последовательном решении следующих задач:

- 1) определение безотказности изделий ФС;
- 2) анализ влияния отказов изделий ФС на безопасность полетов ЛА;
- 3) определение безотказности ФС (подсистемы).

Вероятность безотказной работы ФС (подсистемы) и её изделий определяется для наработок: $\tau_A(\tau_{\phi 1})$, $\tau_B(\tau_{\phi 2})$, $\tau_C(\tau_{\phi 3})$ (периодичность выполнения форм ТО ЛА в часах наработки).

Одним из самых важных предположений, на котором основан метод структурных схем, все элементы системы (или блоки, их представляющие в RBD) могут существовать только в одном из двух состояний: работоспособном или неработоспособном (отказ). Другим важным предположением является то, что отказ (или ремонт) любого блока не влияет на вероятность отказа (или ремонта) любого другого блока системы. Это означает, что имеются достаточные ресурсы для обслуживания блоков, нуждающихся в ремонте, и что любое необходимое количество специалистов может заниматься восстановлением конкретного блока одновременно, не мешая друг другу. Таким образом, предполагается, что отказы и ремонт отдельных блоков являются статистически независимыми событиями [1].

2.2. Определение безотказности изделий ФС

Определяется вероятность безотказной работы каждого изделия ФС из предположения стационарного потока отказов по выражению:

$$P(t) = e^{-\omega_0 t}$$

Исходные данные параметра потока отказов ω_0 представлены в приложении Б.

2.3. Определение безотказности ФС (подсистемы)

Для определения показателей безотказности ФС (вероятности безотказной работы за период времени $\tau_A(\tau_{\phi 1})$, $\tau_B(\tau_{\phi 2})$, $\tau_C(\tau_{\phi 3})$) используется метод структурных схем с учётом последовательного и параллельного соединения изделий ФС. Исходной информацией является детализированная структурная схема надёжности ФС различных воздушных судов.

В результате анализа структурной схемы выделяются изделия, отказы которых не влияют на безопасность полётов (параллельное соединение), и изделия, отказы которых влияют на безопасность полётов (последовательное соединение).

Для расчёта вероятности безотказной работы ФС $P(t)$ используются выражения, представленные в табл. 1.

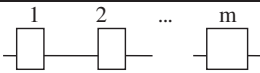

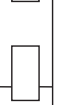

Для удобства расчёта вероятностей безотказной работы ФС (подсистемы) рекомендуется на основе детализированной структурной схемы надёжности построить укрупнённую структурную схему, где необходимо выделить цепочки и блоки из последовательно и параллельно соединённых изделий ФС ЛА.

Результаты определения безотказности ФС и её изделий представляются по форме табл. 2. По результатам расчётов (на основании информации, представленной в табл. 2 необходимо:

- 1) проанализировать значения показателей безотказности изделий, блоков и ФС в целом и динамику их изменения от наработки;
- 2) выделить наименее надёжные изделия и блоки и дать предложения по повышению безотказности ФС;
- 3) выделить изделия, отказы которых влияют на безопасность полётов, отметив их знаком "+" в графе 6 табл. 2.

Таблица 1

Оценка $P(t)$ методом структурных схем

Элемент структурной схемы		Вероятность безотказной работы	Примечания
Соединение	Графическое изображение		
Последовательное		$P(t) = \prod_{j=1}^m P_j(t)$	$P_j(t)$ – вероятность безотказной работы j -го изделия; m – количество изделий, соединённых последовательно; e – количество изделий, соединённых параллельно.
Параллельное		$P(t) = 1 - \prod_{j=1}^e [1 - P_j(t)]$	
			
			

Результаты определения безотказности

Объект эксплуатации			Вероятн. безотказной работы объекта для наработки			Влияние отказа изделия на безопасность полёта	
	№ по схеме	Наимен.	t_A ($t_{Ф1}$)	t_B ($t_{Ф2}$)	t_C ($t_{Ф3}$)	да	нет
	1	2	3	4	5	6	7
изделия	1	Обратный клапан					
	2	...					
	3	...					
	⋮	⋮					
Блоки		I					
		II					
		⋮					
Функционал. система		ФС					

3. ПРИМЕР ОЦЕНКИ БЕЗОТКАЗНОСТИ ФС (ПОДСИСТЕМЫ)

Рассмотрим в качестве примера детализированную структурную схему надёжности топливной системы самолёта SSJ 100 (рис. 1)

Краткое описание топливной системы. На самолете имеются три топливных бака, образованных герметичной конструкцией планера: левый крыльевой бак, расположенный в левой консольной части крыла, правый крыльевой бак, расположенный в правой консольной части крыла, центральный бак, расположенный в центроплане.

Крыльевые баки разделены на три отсека: отсек № 1 левый (правый), отсек № 2 левый (правый), отсек № 3 левый (правый). В отсеке №3 левом (правом) имеется расходный отсек (РО) левый (правый), из которого обеспечивается подача топлива к соответствующему двигателю топливными насосами подкачки.

Подача топлива к двигателям и ВСУ обеспечивается топливными насосами подкачки по независимым трубопроводам левому (правому). Забор топлива насосами подкачки осуществляется из расходных отсеков (РО) крыльевых топливных баков. Из левого РО топливо подается к левому двигателю и ВСУ, из правого РО к правому двигателю.

В центральном топливном баке установлены по два основных (дополнительных) электрических центробежных насоса левого (правого) борта и по одному вспомогательному электрическому центробежному насосу подкачки топлива левого (правого) борта.

В системе перекачки топлива используются струйные топливные

насосы. При помощи струйных насосов производится перекачка топлива в расходные отсеки. Активное топливо для струйных насосов поступает от насосов подкачки (табл. 3).

Таблица 3

Обозначения на схемах рис.1, 1а

№	Наименование агрегата	Сокращенное условное наименование
1	Топливный бак	Б2л, Б3л, Б1л, Бцл, Бцпр, Б1пр, Б3пр, Б2пр
2	Насос перекачки (струйный насос)	СНл2-3, СНл3-3, СНл1-3, СНлц-3, СНпрц-3, СНпр1-3, СНпр3-3, СНпр2-3,
3	Обратный клапан	ОКл2-3, ОКл3-3, ОКл1-3, ОКлц-3, ОКпрц-3, ОКл1-3, ОКл3-3, ОКл2-3
4	Расходный отсек (РО)	РОл, РОпр
5	Переливной обратный клапан	ОК перл, ОК перпр
6	Насос подкачки	Носнл1, Ндопл1, Нвспл1, Носнпр2, Ндопр2, Нвсппр2
7	Фильтр	Фильтрл, Фильтрпр
8	Перекрывной клапан	ПКл, ПКпр
9	Предохранительный клапан	ПхрКл, ПхрКпр
10	Сигнализатор давления	СДл, СДпр
11	Насос-регулятор	НРл, НРпр

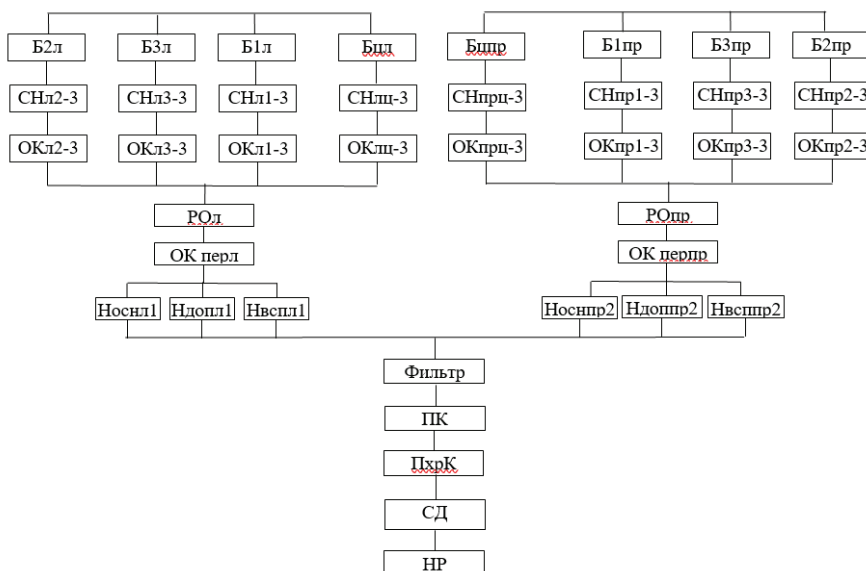


Рис.1. Детализированная структурная схема надёжности топливной системы самолета SSJ 100

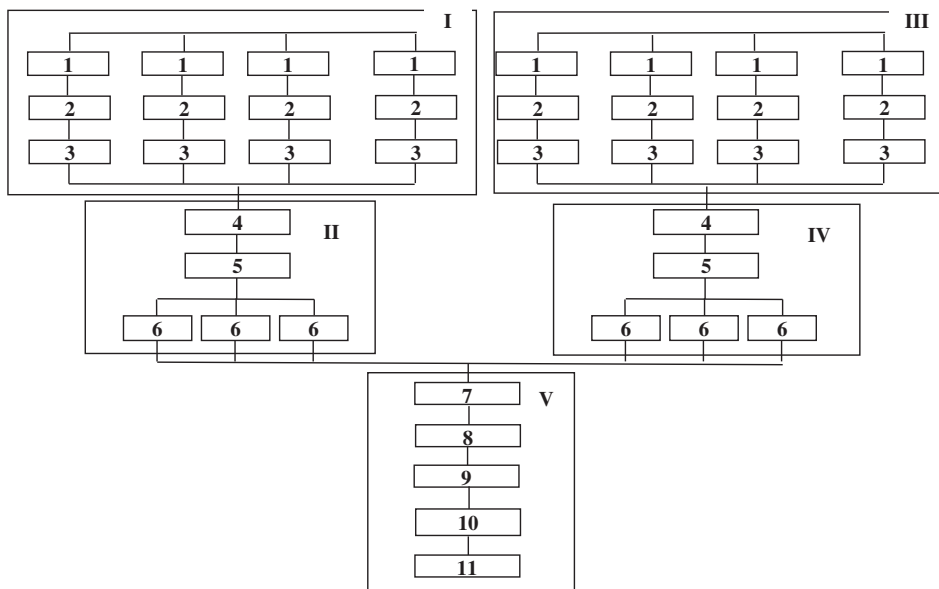


Рис.1а. Детализированная структурная схема надёжности топливной системы самолета SSJ 100

Для упрощения расчета детализированную структурную схему рекомендуется разбить на блоки I-V. Блоки целесообразно составлять из элементов, имеющих функциональную связь (рис.1а).

В блоке V условно представлены оба двигателя.

Далее определяется вероятность безотказной работы для каждого блока.

В рассмотренном примере имеем:

- 1) для блока I: $P_I = 1 - [1 - (P_1 \cdot P_2 \cdot P_3)^3] =$
- 2) для блока II: $P_{II} = P_4 \cdot P_5 \cdot [1 - (1 - P_6)^3] =$
- 3) для блока III: $P_{III} = 1 - [1 - (P_1 \cdot P_2 \cdot P_3)^3] =$
- 4) для блока IV: $P_{IV} = P_4 \cdot P_5 \cdot [1 - (1 - P_6)^3] =$
- 5) для блока V: $P_V = (P_7 \cdot P_8 \cdot P_9 \cdot P_{10} \cdot P_{11})^2 =$

Строим укрупненную структурную схему надежности ФС (рис. 2).

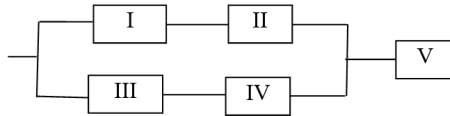


Рис. 2. Укрупненная структурная схема надежности ФС

Из схемы следует, что вероятность безотказной работы топливной системы будет равна:

$$P_{сист} = [1 - [1 - P_I \cdot P_{II}] \cdot (1 - P_{III} \cdot P_{IV})] \cdot P_V =$$

Расчет доводится до числовой оценки подстановкой значений вероятности безотказной работы блоков и изделий в соответствии с табл. 1 и выполняется для заданных значений времен ($\tau_A(\tau_{Ф1})$, $\tau_B(\tau_{Ф1})$, $\tau_C(\tau_{Ф1})$).

4. ЗАДАНИЕ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ ПРОРАБОТКИ

Для выполнения практического занятия студенты изучают методические указания (п.2 Пособия), получают от преподавателя вариант задания (табл.4) и решают задачу определения и анализа безотказности ФС (подсистемы) и её изделий на примере участков гидросистемы различных типов ЛА.

Таблица 4

Варианты задания

Варианты задания	Тип самолета	№ схемы (Приложение А)	№ варианта (Приложение Б)
1	SSJ 100	1	1
2	-/-	1	2
3	-/-	2	1
4	-/-	2	2
5	-/-	3	1
6	-/-	3	2
7	В-737	4	1
8	-/-	4	2
9	-/-	5	1
10	-/-	5	2
11	-/-	6	1
12	-/-	6	2
13	А-320	7	1
14	-/-	7	2
15	-/-	8	1
16	-/-	8	2
17	Ту-214	9	1
18	-/-	9	2
19	-/-	10	1
20	-/-	10	2
21	-/-	11	1
22	-/-	11	2
23	Ил-96	12	1

24	-//-	12	2
25	-//-	13	1
26	-//-	13	2
27	-//-	14	1
28	-//-	14	2
29	Ми-171А2	15	1
30	-//-	15	2

В Приложении А представлены детализированные структурные схемы надёжности участков гидросистемы для различных типов ЛА. Номер схемы соответствует номеру рисунка в Приложении А.

В Приложении Б представлены значения параметра потока отказов ω_0 для изделий гидросистемы. Номер варианта для выбора значений ω_0 определяется по табл.3 в соответствии с вариантом задания.

В приложении В представлены эксплуатационно-технические характеристики для типа ЛА (периодичность выполнения форм ТО - $\tau_A(\tau_{\Phi 1})$, $\tau_B(\tau_{\Phi 1})$, $\tau_C(\tau_{\Phi 1})$).

Для полученного варианта задания и с использованием исходных данных Приложений А, Б, В студенту требуется:

- 1) построить укрупненную структурную схему надёжности, состоящую из блоков;
- 2) определить вероятность безотказности работы изделий и участка гидросистемы ЛА в целом для наработки $\tau_A(\tau_{\Phi 1})$, $\tau_B(\tau_{\Phi 1})$, $\tau_C(\tau_{\Phi 1})$;
- 3) проанализировать влияние отказа каждого изделия на безопасность полётов ЛА;
- 4) сформулировать рекомендации по повышению безотказности участка гидросистемы ЛА.

5. ОТЧЕТНОСТЬ ПО ПРАКТИЧЕСКОМУ ЗАНЯТИЮ

После выполнения практического занятия студент, представляет преподавателю отчёт по форме, приведенной в Приложении С, который включает:

- 1) формулировку задачи и исходные данные по заданному варианту;
- 2) для участка гидросистемы ЛА:
 - детализированную и укрупненную структурные схемы надёжности;
 - расчет вероятности безотказной работы изделий;
 - расчет вероятности безотказной работы участка гидросистемы в целом;
 - таблицу результатов расчета с оценкой влияния отказов изделий на безопасность полетов ЛА;
 - рекомендации по повышению безотказности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Н.Н. Смирнов, Ю.М. Чинючин. Основы теории технической эксплуатации летательных аппаратов. Учебник. – М.: МГТУ ГА, 2015.
2. Ю.В. Петров. Гидромеханические системы ЛА. Топливная система: тексты лекций. – Воронеж: ООО «МИР», 2019.
3. Н.Б. Бехтина, Ю.В. Петров, А.С. Засухин. Гидромеханические системы. Пособие по проведению практических занятий. – М.: МГТУ ГА, 2015.
4. Ю.В. Петров. Системы вертолета и двигателя. Гидравлическая система вертолета: тексты лекций. – М.: МГТУ ГА, 2015.
5. А.А. Ицкович, И.А. Файнбург. Основы теории надежности. Часть I: учебное пособие. – М.: МГТУ ГА, 2013.
6. Смирнов Н.Н., Чинючин Ю.М. Эксплуатационная технологичность летательных аппаратов. – М.: Транспорт, 1994.
7. Смирнов Н.Н., Ицкович А.А. Обслуживание и ремонт авиационной техники по состоянию. – 2-е изд. М.: Транспорт, 1987.
8. ГОСТ Р 51901.14-2007 (МЭК 61078:2006) Менеджмент риска Структурная схема надежности и булевы методы. Москва Стандартиформ 2008 Risk management. Reliability block diagram and boolean methods
9. ГОСТ 27.002-2015 Надежность в технике Термины и определения. М.: Стандартиформ, 2016

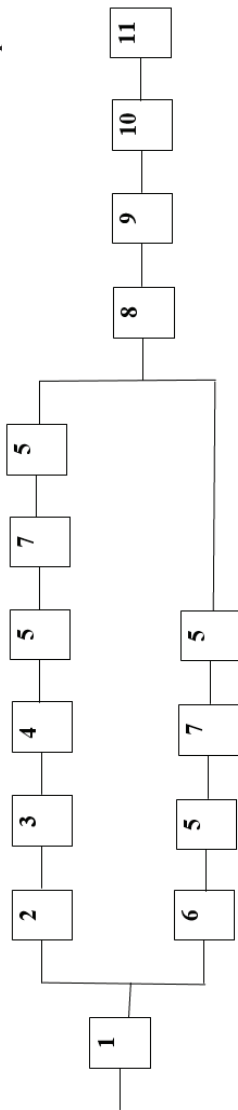


Рис. П.1. Детализованная структурная схема надёжности источников давления ГС 1 самолета SSJ 100
 1 - гидробак ГС 1; 2 - противопожарный клапан ГС 1; 3 - тепловой дозатор; 4 - гидронасос ГС 1; 5 - отсечной клапан; 6 - насосная станция переменного тока ГС 1; 7 – фильтр; 8 - предохранительный клапан; 9 - гидроаккумулятор ГС 1; 10 – дроссель; 11 - трубопровод

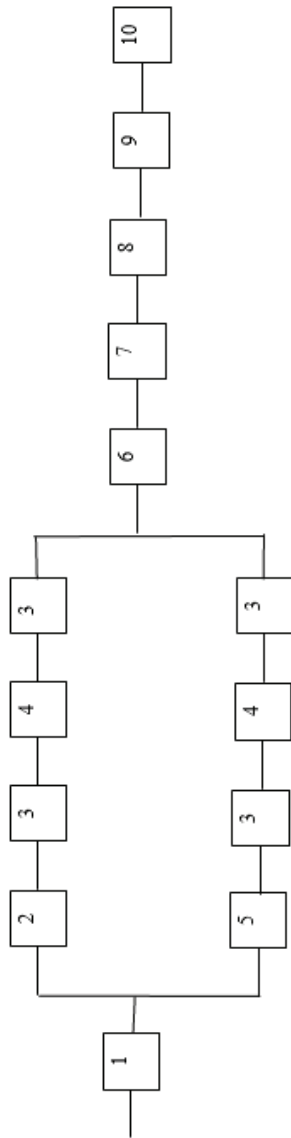


Рис. П.2 Детализованная структурная схема надёжности управления передней стойкой шасси самолета SSJ 100 1 - гидробак ГС 2; 2 - насосная станция переменного тока ГС 2; 3 - отсечной клапан; 4 – фильтр; 5 - насосная станция постоянного тока ГС 2; 6 - предохранительный клапан; 7 - гидроаккумулятор ГС 2; 8 – дроссель; 9 – дроссель; 10 - гидравлический модуль управления (сервопривод)

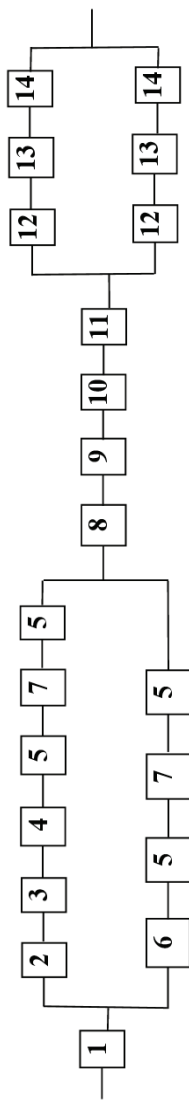


Рис. П.3 Детализованная структурная схема надежности системы основного торможения внешних колес самолета SSJ 100 1 - гидробак ГС 3; 2 - противопожарный клапан ГС 3; 3 - тепловой дозатор; 4 - гидронасос ГС 3 5 - отсечной клапан; 6 - насосная станция переменного тока ГС 3; 7 - фильтр; 8 - предохранительный клапан; 9 - гидроаккумулятор ГС 3; 10 - ВСУ 1 (блок управления тормозами внешнего колеса); 11 - агрегат управления тормозами внешнего колеса; 12 - дозатор; 13- дозатор; 14- тормозное устройство (углеродные диски)

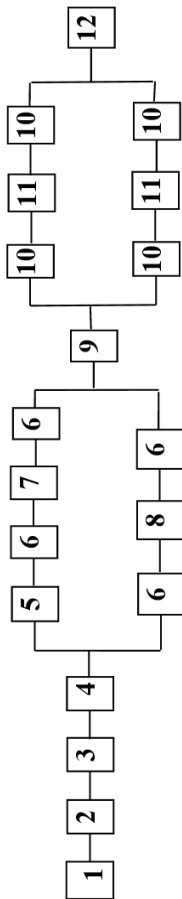


Рис. П.4. Детализованная структурная схема надёжности источников давления гидросистемы А самолета В-737 1 - перекрывной клапан НР (высокое давление); 2 - редуктор (pressure reducing valve); 3 - обратный клапан; 4 - гидробак ГС А; 5 - противопожарный клапан; 6 - разъемный клапан; 7 - гидронасос с приводом от двигателя; 8 - электроприводной гидронасос; 9 – теплообменник; 10 - обратный клапан; 11 – фильтр; 12 - блок передачи мощности

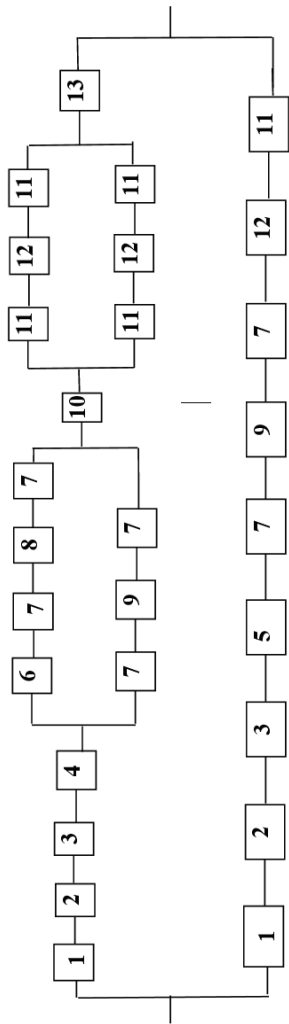


Рис. П.5. Детализированная структурная схема надёжности источников давления резервной гидросистемы и ГС В самолета В-737 1 - перекрывной клапан НР (высокое давление); 2 - редуктор (pressure reducing valve); 3 - обратный клапан; 4 - гидробак ГС В; 5 - гидробак резервной гидросистемы; 6 - противопожарный клапан; 7 - разъемный клапан; 8 - гидронасос с приводом от двигателя; 9 - электроприводной гидронасос; 10 - теплообменник; 11 - обратный клапан; 12 - фильтр; 13 - блок передачи мощности

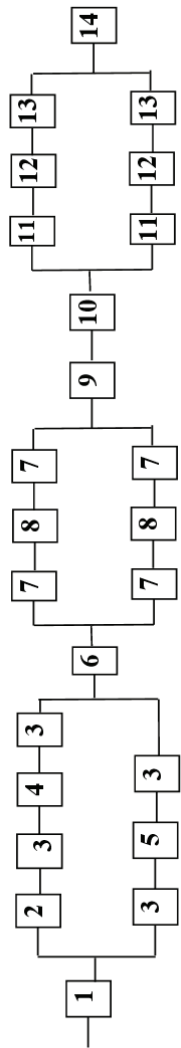


Рис. П.6 Детализированная структурная схема надёжности системы основного торможения колес самолета В-737 1 - гидробак ГС В; 2 - противопожарный клапан; 3 - разъемный клапан; 4 - гидронасос с приводом от двигателя; 5 - электроприводной гидронасос; 6 - теплообменник; 7 - обратный клапан; 8 - фильтр; 9 - дозирующий клапан основной тормозной системы; 10 - челночный клапан системы автоматического торможения; 11 - клапан основного противоблоа; 12 - гидравлический предохранитель; 13 - челночный клапан; 14 - тормозное устройство (диски)

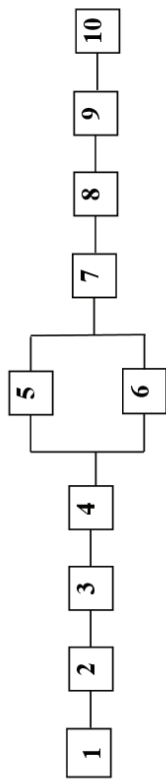


Рис. П.7. Детализированная структурная схема надёжности источников давления голубой гидросистемы самолета А-320 1 - перекрывной клапан (высокое давление); 2 - редуктор (pressure reducing valve); 3 - обратный клапан; 4 - гидробак голубой системы; 5 - электроприводная насосная станция (АС electric motor pump); 6 - обратный клапан; 6 - гидронасос с ветродвигателем (Ram Air Turbine (RAT)); 7 - фильтр; 8 - гидроаккумулятор ГС 1; 9 - подпорный клапан (Priority valve); 10 - трубопровод

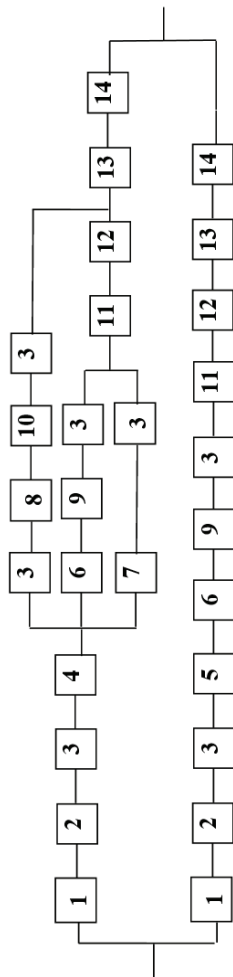


Рис. П.8. Детализированная структурная схема надёжности источников давления желтой и зеленой гидросистем самолета А-320 1 - перекрывной клапан НР (высокое давление); 2 - редуктор (pressure reducing valve); 3 - обратный клапан; 4 - гидробак желтой системы; 5 - гидробак зеленой системы; 6 - противопожарный клапан (Fire shut-off valve); 7 - электроприводная насосная станция (АС electric motor pump); 8 - ручной насос; 9 - гидронасос с приводом от двигателя ЛА (Engine driven pump); 10 - гидроцилиндр управления дверями гр. Отсеков; 11 - фильтр; 12 - гидроаккумулятор; 13 - подпорный клапан (Priority valve); 14 - трубопровод

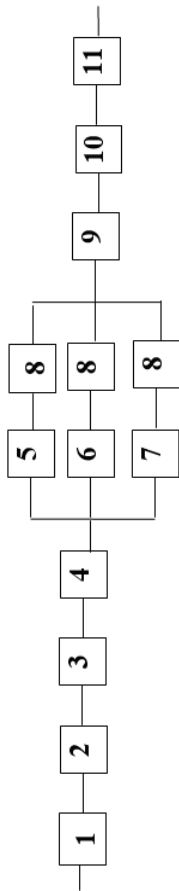


Рис. П.9. Детализированная структурная схема надёжности источников давления ГС1 самолета Ту-214 1 - регулятор давления; 2 - обратный клапан; 3 - предохранительный клапан; 4 - гидробак ГС1; 5 - гидронасос с приводом от левого двигателя; 6 - аварийная насосная станция с ветродвигателем; 7 - электроприводная насосная станция; 8 - обратный клапан; 9 - фильтр; 10 - гидроаккумулятор; 11 - трубопровод

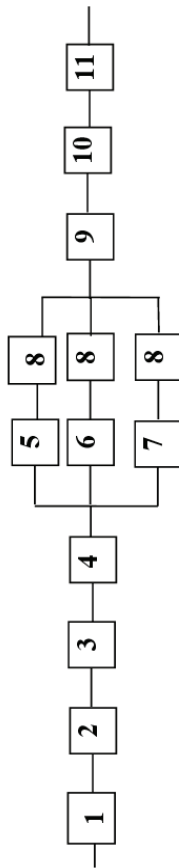


Рис. П.10 Детализированная структурная схема надёжности источников давления ГС2 самолета Ту-214 1 - регулятор давления; 2 - обратный клапан; 3 - предохранительный клапан; 4 - гидробак ГС2; 5 - гидронасос с приводом от правого двигателя; 6 - электроприводная насосная станция; 7 - гидронасос с приводом от левого двигателя; 8 - обратный клапан; 9 - фильтр; 10 - гидроаккумулятор; 11 - трубопровод

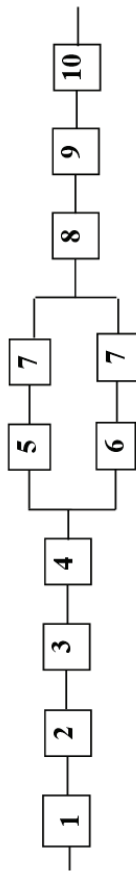


Рис. П11. Детализированная структурная схема надёжности источников давления ГС3 самолета Ту-214 1 - регулятор давления; 2 - обратный клапан; 3 - предохранительный клапан; 4 - гидробак ГС3; 5 - электроприводная насосная станция; 6 - гидронасос с приводом от правого двигателя; 7 - обратный клапан; 8 - фильтр; 9 - гидроаккумулятор; 10 - трубопровод

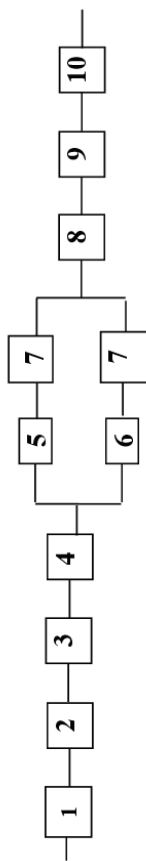


Рис. П12. Детализированная структурная схема надёжности источников давления ГС1 самолета Ил-96 1 - регулятор давления; 2 - обратный клапан; 3 - предохранительный клапан; 4 - гидробак; 5 - плунжерный насос НП-123; 6 - насосная станция НС-68-1 с электрическим приводом; 7 - обратный клапан; 8 - фильтр; 9 - гидроаккумулятор; 10 - трубопровод.

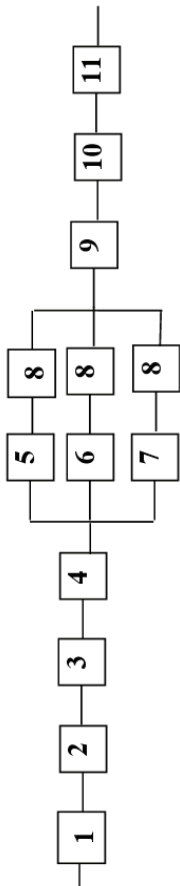


Рис. П13. Детализованная структурная схема надёжности источников давления ГС2 самолета Ил-96 1 - регулятор давления; 2 - обратный клапан; 3 - предохранительный клапан; 4 - гидробак; 5 - плунжерный насос НП-123; 6 - насосная станция НС-68-1 с электрическим приводом; 7 - ветродвигатель ВД-004В; 8 - обратный клапан; 9 - фильтр; 10 - гидроаккумулятор; 11 - трубопровод

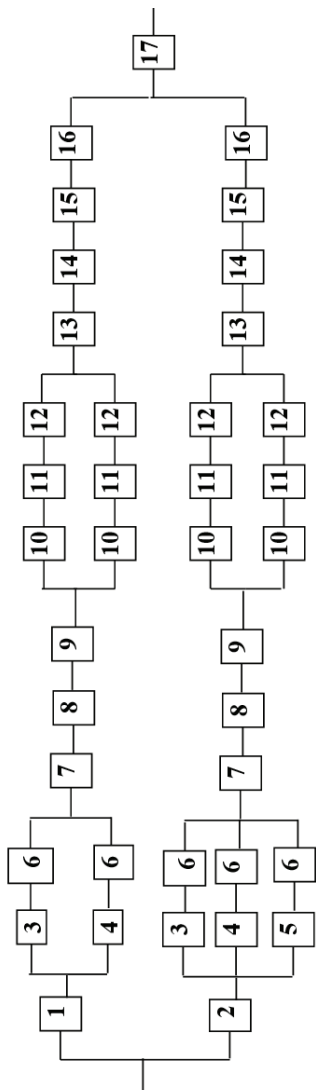


Рис. П14. Детализованная структурная схема надёжности управления поворотом колес передней опоры пассажирского самолета Ил-96 1 - гидробак ГС2; 2 - гидробак ГС2; 3 - плунжерный насос НП-123; 4 - насосная станция НС-68-1 с электрическим приводом; 5 - ветродвигатель ВД-004В; 6 - обратный клапан; 7 - фильтр; 8 - гидроаккумулятор; 9 - трубопровод; 10 - командный датчик положения педалей ДПР-45-01; 11 - следящий датчик положения рукоятки в режиме «руление» ДПР-45-01; 12 - датчик положения амортистойки; 13 - блок усиления и контроля БУК-20; 4 - электромагнитный кран включения; 5 - агрегат управления АУ-55-01; 16 - предохранительный клапан; 17 - гидротрамплин

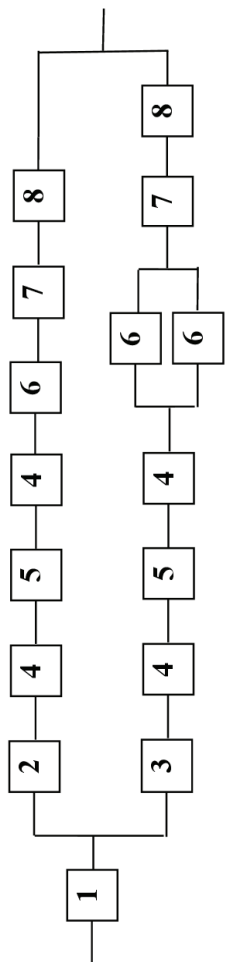


Рис. П15. Детализированная структурная схема надёжности источников давления

вертолета Ми-171А2 1 - гидробак сварной конструкции; 2 - насос НШ-39М основной гидросистемы; 3 - насос НШ-39М дублирующей гидросистемы; 4 - обратный клапан ОК-10А; 5 - фильтр ФГ 1 ПБН; 6 - гидроаккумулятор (сферический); 7 - автомат разгрузки насоса ГА 77В; 8 - трубопровод

Данные о безотказности изделий гидравлической системы ЛА

№ п/п	Наименование изделия	Параметр потока отказов ω_0	
		Вариант 1	Вариант 2
Самолетные агрегаты			
1	Гидробак	$4,5 \cdot 10^{-6}$	$4,2 \cdot 10^{-6}$
2	Гидроаккумулятор	$0,2 \cdot 10^{-4}$	$0,3 \cdot 10^{-4}$
3	Гаситель пульсаций	$6,5 \cdot 10^{-6}$	$6,2 \cdot 10^{-6}$
4	Гидроцилиндр	$0,5 \cdot 10^{-5}$	$0,45 \cdot 10^{-5}$
5	Гидронасос	$2,6 \cdot 10^{-5}$	$2,8 \cdot 10^{-5}$
6	Плунжерный насос	$8,3 \cdot 10^{-5}$	$8,1 \cdot 10^{-5}$
7	Редуктор (pressure reducing valve)	$2,3 \cdot 10^{-5}$	$2,1 \cdot 10^{-5}$
8	Редукционный клапан	$7,3 \cdot 10^{-5}$	$7,5 \cdot 10^{-5}$
9	Автомат разгрузки насоса	$3,6 \cdot 10^{-5}$	$3,8 \cdot 10^{-5}$
10	Противопожарный клапан	$2,5 \cdot 10^{-5}$	$2,8 \cdot 10^{-5}$
11	Регулятор давления	$2,1 \cdot 10^{-5}$	$2,2 \cdot 10^{-5}$
12	Насосная станция	$2,3 \cdot 10^{-5}$	$2,4 \cdot 10^{-5}$
13	Перекрывной клапан	$7,5 \cdot 10^{-6}$	$7,7 \cdot 10^{-6}$
14	Обратный клапан	$0,7 \cdot 10^{-5}$	$0,75 \cdot 10^{-5}$
15	Отсечной клапан	$0,73 \cdot 10^{-5}$	$0,77 \cdot 10^{-5}$
16	Разъемный клапан	$0,8 \cdot 10^{-5}$	$0,9 \cdot 10^{-5}$
17	Предохранительный клапан	$6,5 \cdot 10^{-5}$	$6,3 \cdot 10^{-5}$
18	Челночный клапан	$0,85 \cdot 10^{-5}$	$0,88 \cdot 10^{-5}$
19	Клапан переключения	$0,8 \cdot 10^{-5}$	$0,86 \cdot 10^{-5}$
20	Подпорный клапан	$0,9 \cdot 10^{-5}$	$0,92 \cdot 10^{-5}$
21	Фильтр	$2,9 \cdot 10^{-5}$	$2,7 \cdot 10^{-5}$
22	Гидроэлектроран	$3,8 \cdot 10^{-5}$	$3,6 \cdot 10^{-5}$
23	Дроссель	$0,3 \cdot 10^{-5}$	$0,4 \cdot 10^{-5}$
24	Демпфер	$2,3 \cdot 10^{-5}$	$2,5 \cdot 10^{-5}$
25	Теплообменник	$0,95 \cdot 10^{-5}$	$0,92 \cdot 10^{-5}$
26	Тепловой дозатор	$2,4 \cdot 10^{-5}$	$2,3 \cdot 10^{-5}$
27	Дозатор	$2,6 \cdot 10^{-5}$	$2,8 \cdot 10^{-5}$
28	Тормозное устройство	$3,6 \cdot 10^{-5}$	$3,8 \cdot 10^{-5}$
29	Трубопровод	$2,8 \cdot 10^{-5}$	$2,6 \cdot 10^{-5}$
30	Блок управления тормозами	$8,2 \cdot 10^{-6}$	$8,4 \cdot 10^{-6}$
31	Агрегат управления тормозами	$3,5 \cdot 10^{-6}$	$3,6 \cdot 10^{-6}$
32	Ветродвигатель	$0,5 \cdot 10^{-5}$	$0,6 \cdot 10^{-5}$
33	Блок передачи мощности	$0,55 \cdot 10^{-5}$	$0,53 \cdot 10^{-5}$
Вертолетные агрегаты			
34	Гидробак сварной конструкции	$1,4 \cdot 10^{-5}$	$1,3 \cdot 10^{-5}$
35	Насос НШ-39М основной гидросистемы	$4,4 \cdot 10^{-5}$	$4,3 \cdot 10^{-5}$
36	Насос НШ-39М дублирующей гидросистемы	$2,4 \cdot 10^{-5}$	$2,3 \cdot 10^{-5}$
37	Обратный клапан ОК-10А	$2,1 \cdot 10^{-5}$	$2,2 \cdot 10^{-5}$
38	Фильтр ФГ 11БН	$9,4 \cdot 10^{-5}$	$9,3 \cdot 10^{-5}$
39	Гидроаккумулятор (сферический)	$1,8 \cdot 10^{-5}$	$1,7 \cdot 10^{-5}$
40	Автомат разгрузки насоса ГА 77В	$3,8 \cdot 10^{-5}$	$3,7 \cdot 10^{-5}$
41	Трубопровод	$2,9 \cdot 10^{-5}$	$2,8 \cdot 10^{-5}$

Примечание: для остальных изделий участков гидросистемы ЛА принять $\omega_0 = 4,5 \cdot 10^{-5}$ (1 вариант); $\omega_0 = 6,2 \cdot 10^{-5}$ (2 вариант)

Приложение В

Эксплуатационно-технические характеристики ЛА

Тип ЛА	Средняя длительность беспосадочного полета, тБП ч	Периодичность форм ТО, ч		
		τ_A ($\tau_{Ф1}$)	τ_B ($\tau_{Ф2}$)	τ_C ($\tau_{Ф3}$)
SSJ 100	2,0	750	3750	7500
B-737	2,1	250	750	4000
A-320	2,2	750	3750	7500
Ту-214	2,3	600	1800	3000
Ил-96	3,0	500	1500	3000
Ми-171А2	2,1	150	300	600

Форма отчёта о выполнении практического занятия

Кафедра ТЭЛА и АД

Дисциплина «Основы теории технической эксплуатации ЛА»

ОТЧЕТ

о выполнении практического занятия
на тему «Определение безотказности
функциональных систем ЛА и их изделий»

Студент _____
Группа _____

Отчет принял _____
" ____ " _____ 20 ____ г.

1. Цель практического занятия

2. Исходные данные для варианта задания № _____

2.1. Тип ЛА

2.2. Наименование участка гидросистемы « _____ »

2.3. Перечень изделий участка гидросистемы и значения параметра потока отказов ω_0 (табл. 1).

Таблица 1

Исходные данные (вар. № _____)

№ изделия по схеме (прилож. 1.)	Наименование изделия	ω_0
1.		
2.		

3. Структурные схемы надёжности участка гидросистемы самолета _____

3.1. Детализированная структурная схема

3.2. Укрупненная структурная схема

4. Расчетные формулы для определения вероятности безотказной работы изделий и участка гидросистемы в целом:

5. Результаты расчетов вероятности безотказной работы изделий и участка гидросистемы в целом представлены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты определения показателей безотказности отдельных изделий, блоков и участка гидросистемы в целом

Объект эксплуатации		Вероятн. безотказной работы объекта для наработки				Влияние отказа изделия на безопасность полёта.	
		τ_A ($\tau_{Ф1}$)	τ_B ($\tau_{Ф2}$)	τ_C ($\tau_{Ф3}$)	да	нет	
	№ по схеме	Наимен.	3	4	5	6	7
изделия	1	клапан					
	2						
	3						
	⋮	⋮					
Блоки	I						
	II						
	⋮						
Функционал. система	ФС						

6. Выводы и рекомендации по результатам анализа безотказности ФС (подсистемы)

6.1. Наименее надежные изделия:

6.2. Влияют на безопасность полётов изделия:

6.3. Предложения по повышению безотказности изделий и ФС (подсистемы в целом)

Работа выполнена «__» _____ 202_г.

Подпись студента _____

Содержание

1. Общие положения	3
1.1. Цель работы	3
1.2. Основные вопросы, подлежащие изучению для выполнения практического занятия	3
2. Методические указания по теме.....	3
2.1. Постановка задачи	3
2.2. Определение безотказности изделий ФС	4
2.3. Определение безотказности ФС (подсистемы)	4
3. Пример оценки безотказности ФС (подсистемы)	6
4. Задание для самостоятельной проработки на практическом занятии	9
5. Отчетность по практическому занятию	10
Литература	11
Приложение А. Детализированные структурные схемы надежности участков гидросистемы ЛА	12
Приложение Б. Данные о безотказности изделий гидравлической системы ЛА	20
Приложение В. Эксплуатационно–технические характеристики ЛА ..	21
Приложение С. Форма отчета о выполнении практического занятия ..	22