

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ  
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С. П. КОРОЛЁВА  
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

**Контрольно-проверочные материалы  
по дисциплине «Надёжность и  
эксплуатация самолётов»**

*Электронные методические указания*

САМАРА  
2010

УДК СГАУ: 629.7.015(075)

Составитель: **Мрыкин Сергей Викторович**

Представлены материалы, с помощью которых проводится текущий контроль знаний по дисциплине и промежуточная аттестация. Задания сгруппированы по уровням усвоения: узнавание, воспроизведение и практическое применение.

Контрольно-проверочные материалы предназначены для применения преподавателями при проведении лабораторных работ со студентами, изучающими дисциплины «Надёжность и эксплуатация самолётов» и «Диагностика и надёжность автоматизированных систем», при выполнении работы по оценке надёжности самолётных систем и анализе последствий их отказов.

Подготовлено на кафедре конструкции и проектирования летательных аппаратов на основе использования новых образовательных технологий, ресурсов и систем электронного и дистанционного обучения для магистерской программы «Проектирование, конструкция и CALS-технологии в авиационной технике» по направлению 160100.68 «Авиационное строительство».

## Введение

В документе представлены материалы, с помощью которых проводится текущий контроль знаний по дисциплине и промежуточная аттестация.

Текущий контроль знаний решает задачи:

1. Проверка результатов самостоятельной работы студентов при подготовке к лабораторным работам: знание теоретического материала на уровнях узнавания и воспроизведения.
2. Проверка результатов выполнения лабораторных работ: знание теоретического материала на уровнях воспроизведения и практического применения.

Промежуточная аттестация решает задачи:

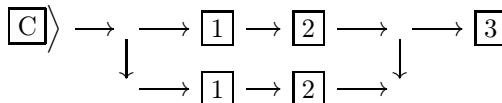
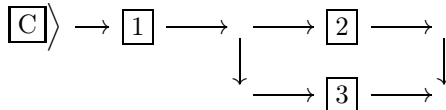
1. Оценка работы студента в семестре.
2. Оценка приобретённых теоретических знаний по дисциплине за семестр.
3. Приобретённые практические умения и навыки.

# 1 Уровень узнавания и воспроизведения

Контроль проводится в форме устного (письменного) опроса либо на лекции предшествующей лабораторной работе, либо в начале лабораторной работы с целью проверки качества самостоятельной работы студентов. Студентам, получившим неудовлетворительную оценку рекомендуется повторить (изучить) соответствующий теоретический материал по конспектам лекций или учебнику.

## 1.1 Метод структурных схем

1. Интерпретировать понятия: отказ, физика отказа, неисправность, дефект, повреждение, ошибка, внешнее воздействие.
2. Учитывает ли метод структурных схем природу и характер отказов элементов?
3. Каков физический смысл допущения о независимости отказов элементов в системе?
4. Интерпретировать понятия: надёжность, живучесть, безопасно повреждаемая конструкция.
5. Учитывают ли модель надёжности и метод структурных схем вероятность одновременного отказа двух и более элементов?
6. В каких случаях характер отказа элемента влияет на возможность применения метода структурных схем? Привести пример.
7. Можно ли использовать метод структурных схем для анализа надёжности системы на этапе появления в ней износных отказов, т.е., на этапе её «старения»? Да? Нет? Почему?
8. Прочитайте следующие структурные схемы надёжности систем:



9. Какой структурной схеме соответствует выражение?

$$P(C) = P(A_1)P(A_2)P(A_3)$$

10. Какой структурной схеме соответствует выражение?

$$P(C) = P(A_1) + P(A_2) + P(A_3)$$

11. Какой структурной схеме соответствует выражение?

$$P(C) = 1 - [1 - P(A_1)][1 - P(A_2)][1 - P(A_3)]$$

12. Каков статистический аналог показателя  $\lambda(t)$ ?

13. Каков статистический аналог показателя  $\omega(t)$ ?

14. Почему при анализе надёжности часто не делают разницу между характеристиками  $\lambda(t)$  и  $\omega(t)$ ?

15. Каким образом связаны между собой параметр потока отказов системы  $\omega_C$  и величина её наработки на отказ  $T_{OTK}(C)$ ?

## 1.2 Анализ надёжности системы

1. Какие основные группы задач решаются в процессе анализа и отработки надёжности систем и агрегатов ЛА в процессе проектирования?
2. Какие исходные данные необходимы для анализа связей функциональных систем самолёта?
3. Интерпретировать понятия: ожидаемые условия эксплуатации, экстремальные условия эксплуатации, рекомендуемые режимы полёта, эксплуатационные ограничения, предельные ограничения.
4. Интерпретировать понятия особых ситуаций: усложнение условий полёта, сложная ситуация, аварийная ситуация, катастрофическая ситуация.
5. На основании чего выносится заключение о возникновении той или иной особой ситуации?
6. Интерпретировать понятия случайных событий: вероятное, маловероятное, крайне маловероятное, практически невероятное.
7. Соотнести перечень особых ситуаций с перечнем случайных событий: частые, умеренно вероятные, маловероятные, крайне маловероятные и практически невероятные.

## 2 Уровень практического применения

Контроль проводится в форме устного опроса в процессе приёма отчётов по лабораторным работам [1, 2].

Задание для лабораторной работы N 1 приведено в разделе 2.1.1, варианты заданий в разделе 2.1.2; для лабораторной работы N 2 — в разделе 2.2.

### 2.1 Метод структурных схем

1. Можно ли, в принципе, использовать метод структурных схем для анализа надёжности статически неопределимой силовой конструкции?
2. Какой структурной схеме соответствует запись?

$$P(C) = 1 - \tau\tau^2(\lambda_1\lambda_2\lambda_3)$$

3. Какой структурной схеме соответствует запись?

$$\lambda_C = \lambda_1 + \lambda_2 + \tau^2\lambda_3^3$$

#### 2.1.1 Задание

1. Составить уравнение надёжности, оценить величины вероятности безотказной работы  $P_\tau(C)$  и наработки на отказ  $T_{ОТК}(C)$  для заданного варианта структурной схемы при длительности рабочего цикла:

$$\tau = 1 \text{ час (варианты 1–6),}$$

$$\tau = 2 \text{ час (варианты 7–14),}$$

$$\tau = 3 \text{ час (варианты 15–22).}$$

Интенсивности отказов элементов приведены в таблице.

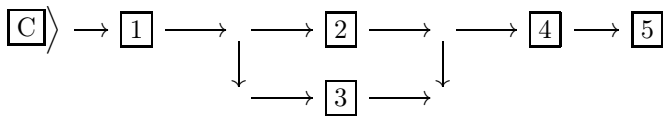
| NN<br>элемента | Интенсивность отказа $\lambda_i(t)$ , час <sup>-1</sup> |
|----------------|---|
| 1              | 0,04  |
| 2              | 0,05  |
| 3              | 0,06  |
| 4              | 0,07  |
| 5              | 0,08  |
| 6              | 0,09  |

2. Письменно ответить на следующие вопросы:

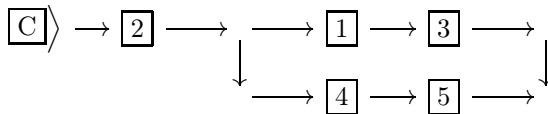
- Можно ли повысить наработку системы на отказ вдвое за счёт повышения надёжности элемента номер 1? Если можно, то какой при этом станет безотказность системы?
- Какой (в пределе) безотказности системы можно добиться таким путём, если возможности совершенствования элемента номер 1 не ограничены?

### 2.1.2 Варианты структурных схем

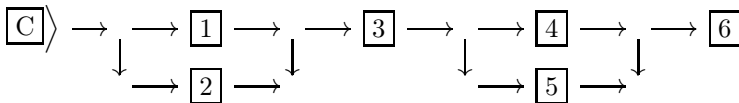
**Вариант 1**



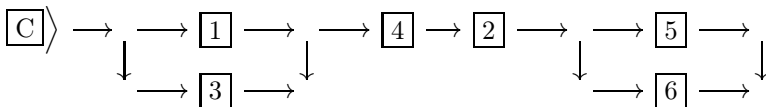
**Вариант 2**



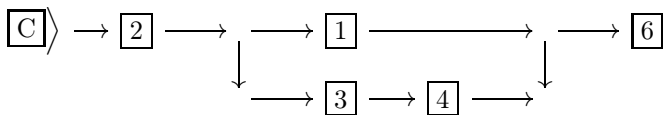
**Вариант 3**



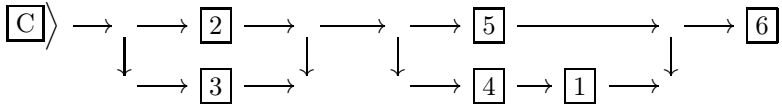
**Вариант 4**



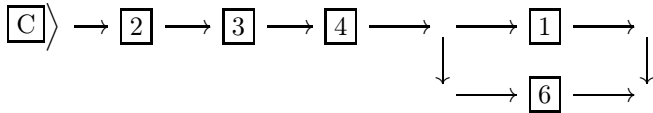
**Вариант 5**



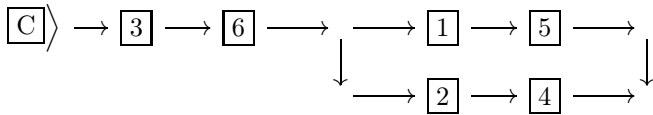
**Вариант 6**



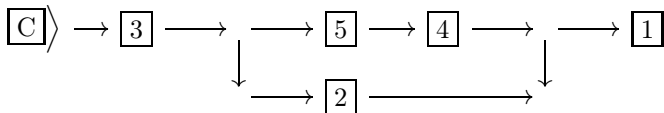
**Вариант 7**



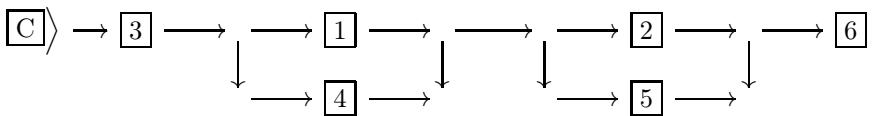
**Вариант 8**



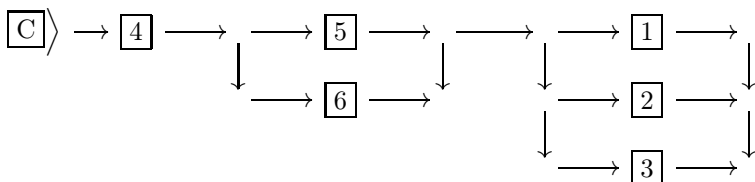
**Вариант 9**



**Вариант 10**

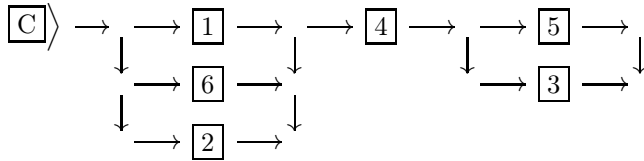


**Вариант 11**

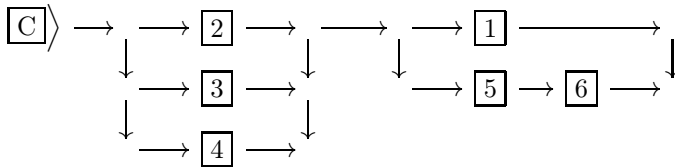




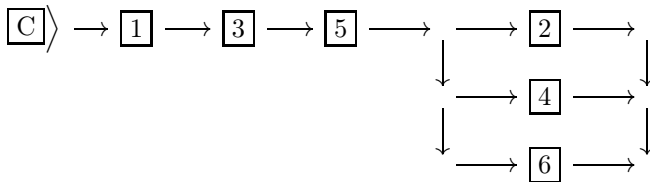
**Вариант 12**



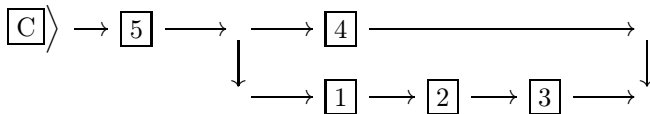
**Вариант 13**



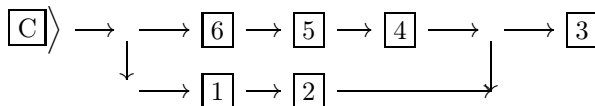
**Вариант 14**



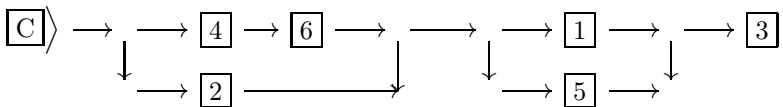
**Вариант 15**



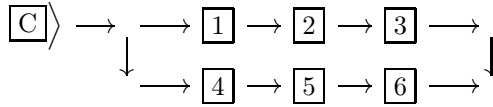
**Вариант 16**



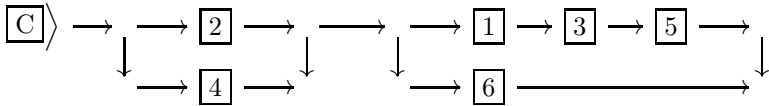
**Вариант 17**



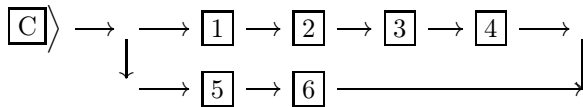
**Вариант 18**



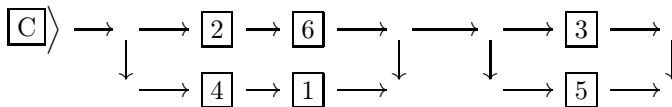
**Вариант 19**



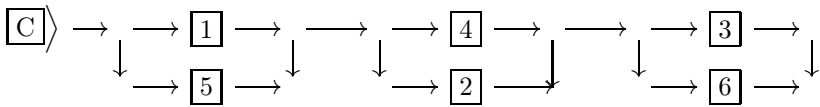
**Вариант 20**



**Вариант 21**



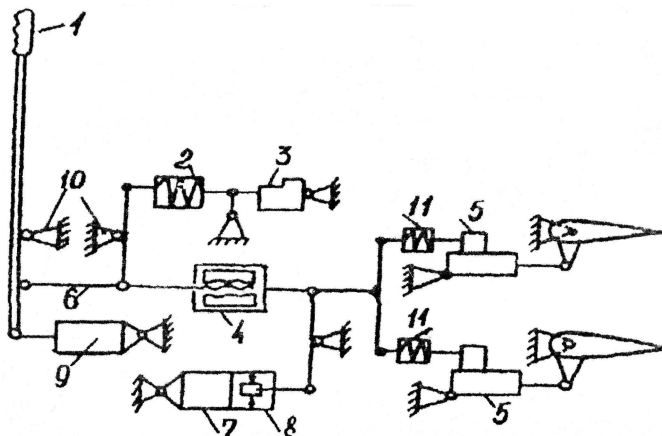
**Вариант 22**



## 2.2 Анализ надёжности системы

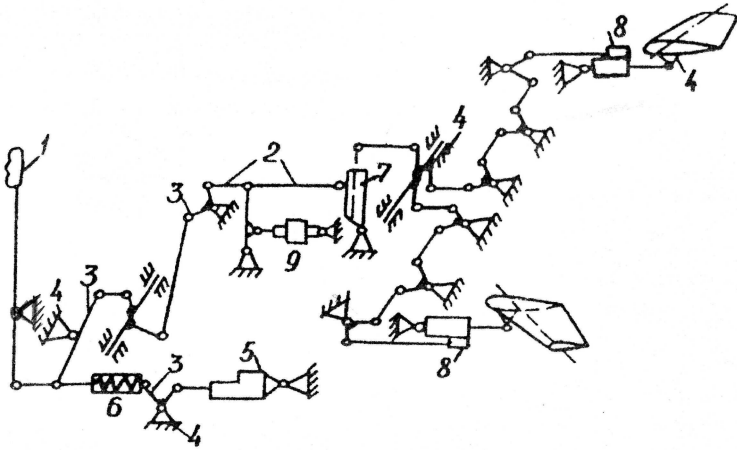
Анализ отказов и расчет надёжности по заданной принципиальной схеме системы и статистике отказов элементов. Доработка системы с целью обеспечения заданной надёжности. Принципиальные схемы систем показаны на рисунках 1–15.

При выполнении этого задания recommendовать студентам ознакомиться с учебным пособием [3].



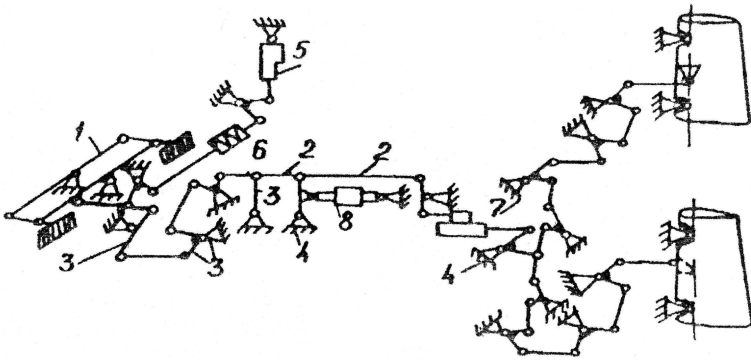
1 — ручка управления; 2 —загрузочное устройство; 3 — механизм триммерного эффекта; 4 — исполнительный механизм системы улучшения устойчивости и управляемости; 5 — гидроусилитель; 6 — жесткая тяга; 7 — исполнительный механизм системы тракторного управления; 8 — механизм отключения исполнительного механизма; 9 — механизм ограничения предельных режимов; 10 — кронштейны; 11 — пружинная тяга.

Рисунок 1— Принципиальная схема системы управления сверхзвукового самолёта



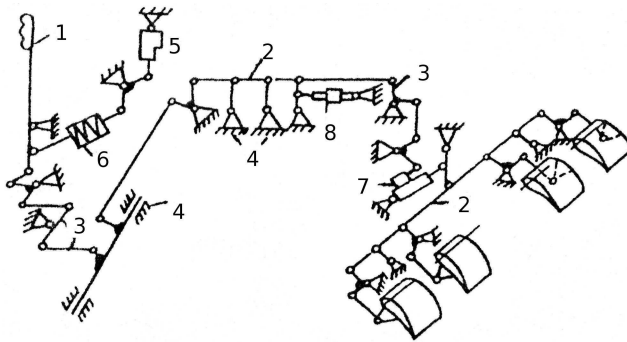
1 — ручка управления; 2 — тяга; 3 — качалка; 4 — кронштейн; 5 — механизм триммерного эффекта; 6 — загрузочный механизм; 7 — АРУ; 8 — бустер; 9 — рулевая машина автопилота.

Рисунок 2— Схема канала тангажа системы управления



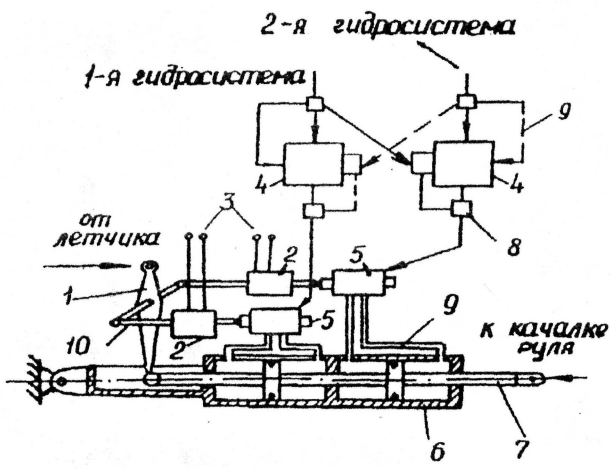
1 — ножной пост управления; 2 — тяга; 3 — качалка; 4 — кронштейн; 5 — механизм триммерного эффекта; 6 — загрузочный механизм; 7 — бустер; 8 — рулевая машина автопилота.

Рисунок 3— Схема канала управления рулями направления



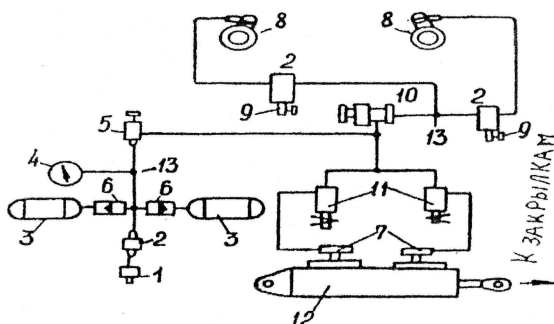
1 — ручка управления; 2 — тяга; 3 — качалка; 4 — кронштейн; 5 — механизм триммерного эффекта; 6 — загрузочный механизм; 7 — бустер; 8 — рулевая машина автопилота.

Рисунок 4— Схема канала крена системы управления



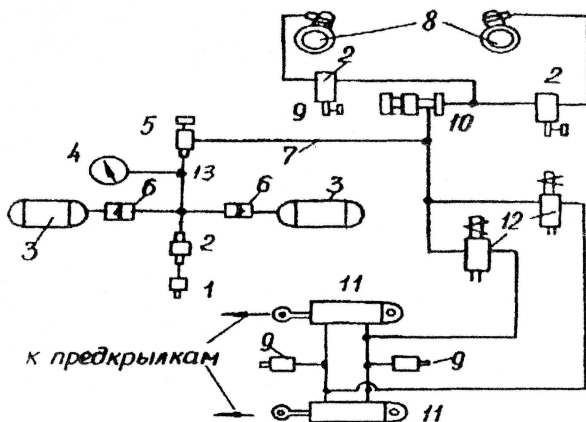
1 — входной рычаг; 2 — пружинные тяги; 3 — электросигнализация заклинивания золотника; 4 — клапаны переключения гидросистем; 5 — золотниковый распределитель; 6 — цилиндр гидроусилителя; 7 — шток с поршнями; 8 — соединение трубопроводов; 9 — трубопроводы; 10 — жесткие тяги.

Рисунок 5— Схема питания камер двухкамерного гидроусилителя



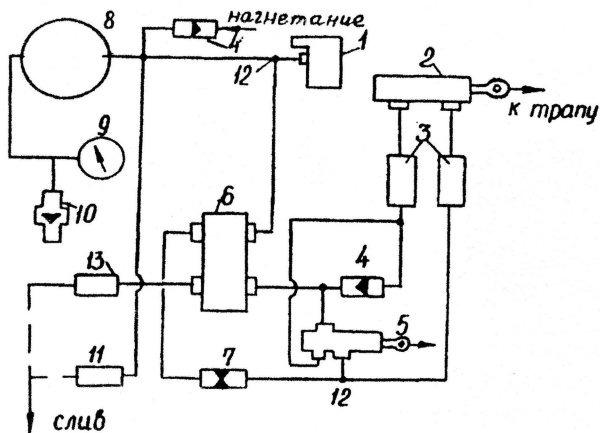
1 — зарядный штуцер; 2 — фильтр; 3 — воздушный баллон; 4 — манометр; 5 — кран; 6 — обратный клапан; 7 — золотниковый распределитель; 8 — компрессор; 9 — стравливающий клапан; 10 — автомат давления; 11 — электромагнитный клапан; 12 — воздушный цилиндр; 13 — соединение трубопроводов.

Рисунок 6— Схема воздушной системы управления закрылками



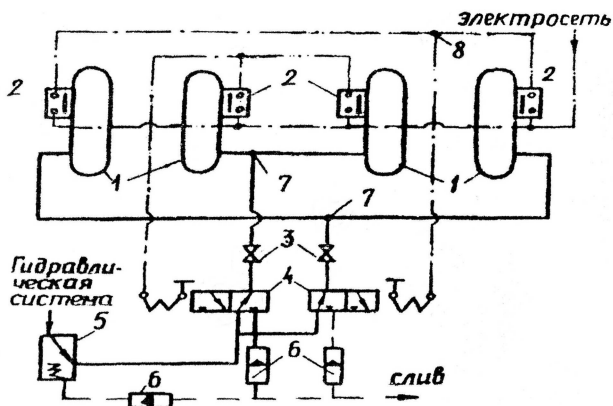
1 — зарядный штуцер; 2 — фильтр; 3 — воздушный баллон; 4 — манометр; 5 — кран; 6 — обратный клапан; 7 — трубопровод; 8 — компрессор; 9 — стравливающий клапан; 10 — автомат давления; 11 — воздушный цилиндр; 12 — электромагнитный клапан; 13 — соединение трубопроводов.

Рисунок 7— Схема воздушной системы управления предкрылками



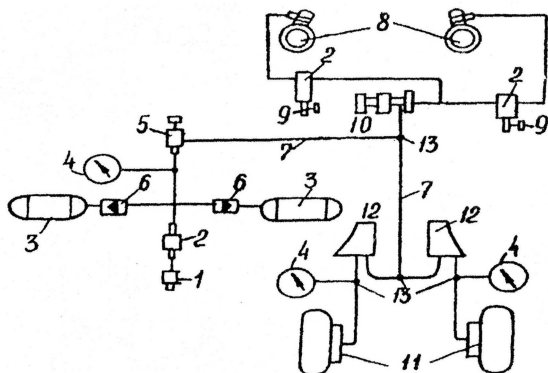
1 — реле давления; 2 — гидросилитель; 3 — гидрошарнир; 4 — обратный клапан; 5 — гидроцилиндр замка трапа; 6 — электромагнитный клапан; 7 — дроссель; 8 — гидроаккумулятор; 9 — манометр; 10 — зарядный штуцер; 11 — стравливающий клапан; 12 — соединение трубопроводов; 13 — сливной кран.

Рисунок 8— 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.

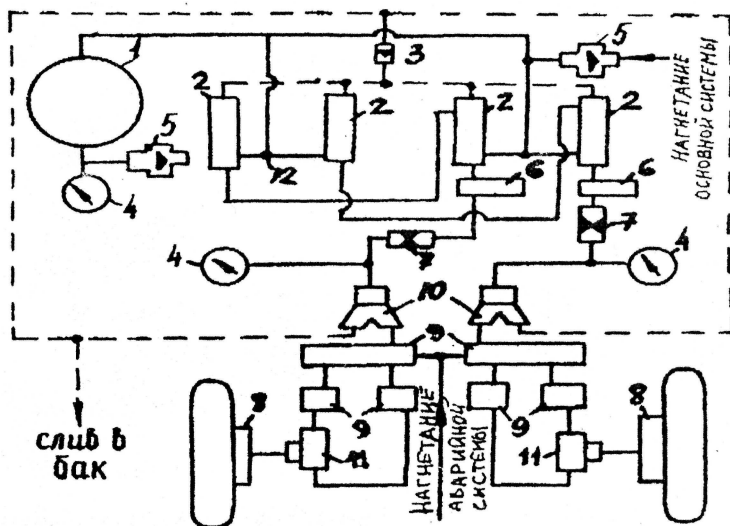
Рисунок 9— Принципиальная схема тормозной системы



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.

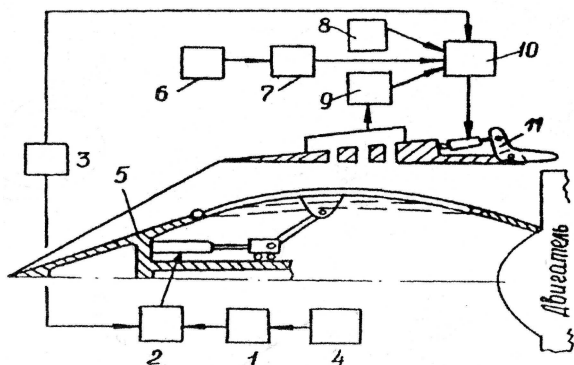
Рисунок 10— Схема воздушной системы торможения колес





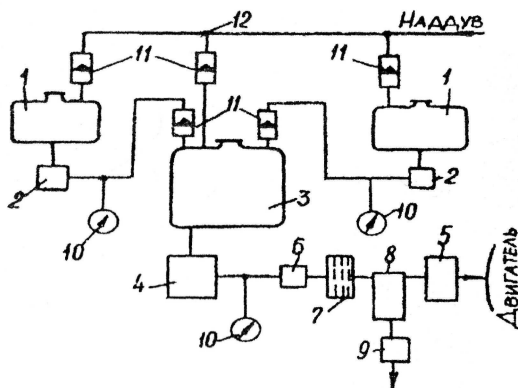
1 — гидроаккумулятор; 2 — редукционный клапан; 3 — обратный клапан; 4 — манометр; 5 — зарядный штуцер; 6 — выключатель гидравлический; 7 — дроссель; 8 — тормозная камера; 9 — гидрошарниры; 10 — электрогидравлический кран; 11 — челночный клапан; 12 — соединение трубопроводов.

Рисунок 11— Схема гидравлической системы торможения колес



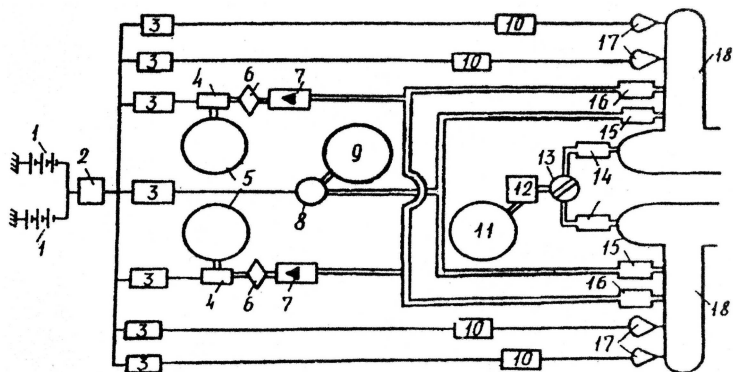
1 — датчик числа М в горле; 2 — регулятор центрального тела; 3 — ручное управление; 4 — датчик помпажа; 5 — центральное тело с механизмом регулировки; 6 — датчик «срыва»; 7 — система управление запуском; 8 — датчик числа М полета; 9 — датчик положения скачка; 10 — регулятор перепускных створок; 11 —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

Рисунок 12— Схема регулирования сверхзвукового воздухозаборника



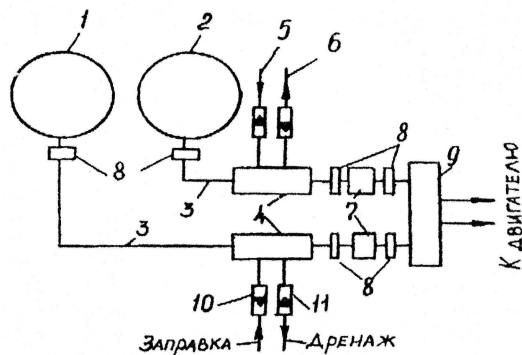
1 — топливные баки; 2 — перекачивающие насосы; 3 — расходный бак; 4 — самолетный подкачивающий насос; 5 — двигательный подкачивающий насос; 6 — отсечной клапан; 7 — фильтр; 8 — отстойник; 9 — сливной клапан; 10 — манометры; 11 — обратный клапан; 12 — соединение трубопроводов.

Рисунок 13— 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 14— 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 15— Принципиальная схема топливной системы двухкомпонентного стартового ускорителя

### 3 Контрольные вопросы к экзамену

Экзамены проводятся по билетам в письменной и/или устной форме. В билете один или два теоретических вопроса (в зависимости от объёма и сложности) и задача по методу структурных схем из разд. 2.1.1.

1. Особые ситуации. Причины возникновения особых ситуаций. Определения и примеры.
2. Категории случайных событий. Классификация особых ситуаций по категориям случайных событий. Пример численного значения вероятности случайного события.
3. Безопасность и живучесть. Классификация состояний объекта с повреждениями.
4. Надежность объекта. Свойства надежности.
5. Статистические аналоги параметров плотности вероятности отказов элементов систем.
6. Формула надежности невосстанавливаемых элементов. Вероятностный смысл интенсивности потока отказов и параметра потока отказов.
7. Метод структурных схем. Условия применения и порядок расчета.
8. Способы сочетания элементарных событий отказов. Пример зависимости сочетания элементарных событий от причины отказа. Полные группы событий. Вычисление вероятностей безотказной работы.
9. Вероятность безотказной работы при экспоненциальном законе распределения отказов. Способы повышения надежности: замена элементной базы, резервирование.
10. Метод логических схем. Условия применения. Пример вычисления вероятности безотказной работы топливной системы.
11. Алгоритм оценки безотказности самолета на этапе эскизного проекта.
12. Количественные показатели надежности самолета.
13. Контрольные уровни по безотказности функциональных систем.

14. Жизненный цикл самолета. Комплексная программа обеспечения надежности.
15. Безопасно повреждаемая конструкция каркаса самолета транспортной категории с большим ресурсом. Типы и свойства безопасно повреждаемой конструкции.
16. Безопасно повреждаемая конструкция крепления рядовой нервюры к панели обшивки.
17. Безопасно повреждаемая конструкция крепления силовой нервюры к панели обшивки.
18. Схема выбора заготовки стрингера. Условия подбора крепежа стрингера к обшивке.
19. Торможение развития трещины в герметичной оболочке фюзеляжа.

## Библиография

- [1] Мрыкин, С.В., Вильчек, М.И. Метод структурных схем и оценка безотказности системы [Текст]: метод. указания / сост. С. В. Мрыкин, М. И. Вильчек. — Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2010. — 27 с.
- [2] Нападов, К.А. Анализ надёжности системы самолёта на этапе проектирования [Текст]: метод. указания/ сост. К. А. Нападов. — Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2010. — 17 с: ил..
- [3] Мрыкин, С.В. Последствия функциональных отказов самолётных систем [Текст]: учеб. пособие. — Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2009. — 49 с.