

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА  
(РОСАВИАЦИЯ)

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

---

Кафедра технической эксплуатации авиационных  
электросистем и пилотажно-навигационных комплексов

С.А. Жнивин

## БОРТОВЫЕ ЦИФРОВЫЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА

**Учебно-методическое пособие**  
по выполнению лабораторных работ

*для студентов II–III курсов  
направлений 25.05.05, 25.03.02  
всех форм обучения*

Москва  
ИД Академии Жуковского  
2025

УДК 004.383:629.7.05  
ББК 052-057  
Ж77

Рецензент:

*Перегудов Г.Е.* – канд. техн. наук, доцент

Ж77 **Жнивин С.А.**

Бортовые цифровые вычислительные устройства [Текст] : учебно-методическое пособие по выполнению лабораторных работ / С.А. Жнивин. – М.: ИД Академии Жуковского, 2025. – 16 с.

Данное учебно-методическое пособие издается в соответствии с рабочей программой учебной дисциплины «Бортовые цифровые вычислительные устройства» по учебному плану направлений подготовки 25.05.05 и 25.03.02 для студентов всех форм обучения.

Рассмотрено и одобрено на заседаниях кафедры 28.01.2025 г. и методического совета 28.01.2025 г.

**УДК 004.383:629.7.05  
ББК 052-057**

*В авторской редакции*

Подписано в печать 27.05.2025 г.  
Формат 60x84/16 Печ. л. 1 Усл. печ. л. 0,93  
Заказ № 1087/0325-УМП20 Тираж 25 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.: (499) 755-55-43  
E-mail: [zakaz@itsbook.ru](mailto:zakaz@itsbook.ru)

© Московский государственный технический  
университет гражданской авиации, 2025

## Лабораторная работа

### АНАЛИЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ ТИПОВ СИГНАЛОВ ИНТЕРФЕЙСА ЦЕНТРАЛЬНОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ВОЗДУШНОГО СУДНА

Центральная вычислительная система выполняет функции платформы центрально вычислителя Авионики и информационного обмена систем самолета.

В состав центральной вычислительной системы входит:

- Центральный вычислитель и модуль ввода/вывода CPIOM;
- Кабинет авионики САС;
- Центральный процессор СРМ – входит в состав кабинета авионики;
- Модуль ввода/вывода ИОМ - входит в состав кабинета авионики;
- Модуль коммутации SWM – входит в состав кабинета авионики.

На рис. 1 отображен состав центральной вычислительной системы самолета.

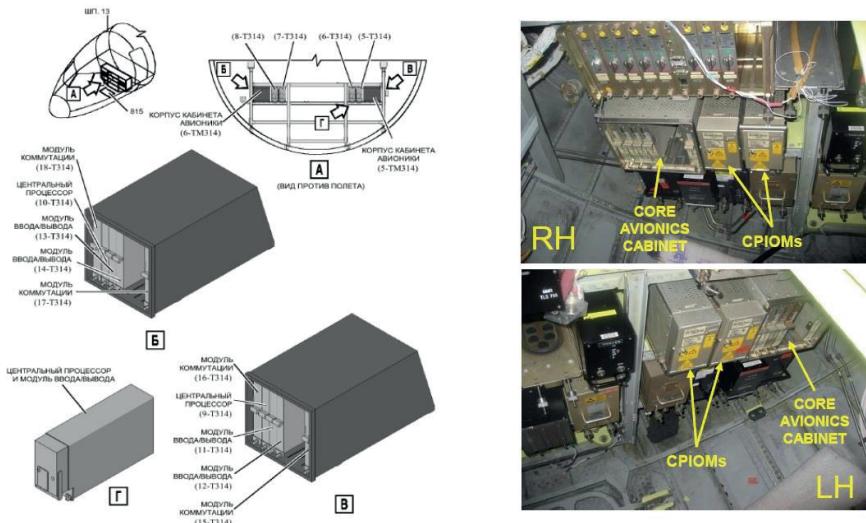


Рис. 1 Состав центральной вычислительной системы самолета

Целью лабораторной работы является детальное изучение интерфейса системы центрального вычислителя самолета SSJ – 100.

### Основные теоретические сведения

Воздушное судно обладает центральной вычислительной системой, задача которой обеспечение связи компонентов авионики и различных систем воздушного судна. Центральная вычислительная система самолета Сухой Суперджет выполняет такие функции, как функции автопилота и автомата тяги, функции центрального процессора, функции модуля ввода/вывода информации, функцию концентратора данных, загрузка программного обеспечения, система предупреждения экипажа и система предупреждения о сваливании.

### Характеристики центральной вычислительной системы

Рассмотрим основные характеристики системы центрального вычислителя. К проанализированным характеристикам относятся система электроснабжения компонентов центрально вычислителя (рис. 2 - 4), а также полное описание интерфейса системы центрально вычислителя с системами воздушного судна (рис. 5 - 7).

Компонент (CFI)	Шина питания	РУ	Питание				
			от АЭС		от блока LMU		
			Обозначение на РУ	Обозначение на электросхеме	Обозначение на электросхеме	Обозначение АЭС питания блока LMU	на электросхеме
Центральный процессор и модуль ввода/вывода (5-T314)	L DC ESS-1	DB 28V N1	CPIOM11	F1-32	–	–	–
Центральный процессор и модуль ввода/вывода (6-T314)	R DC ESS-2	DB 28V N2	CPIOM12	F2-38	–	–	–
Центральный процессор и модуль ввода/вывода (7-T314)	L DC	DB 28V N1	–	–	LMU 1-7	F1-65	LMU 1

Рис. 2 Система электроснабжения центральной вычислительной системы

На рис. 2 представлены номиналы потребления напряжения, поступающие от соответствующих распределительных устройств с учетом состояния автоматов защиты сети. На данном рисунке блок LMU - является цифровым автоматом защиты сети, который внедрен в контур системы электроснабжения и распределения электрической энергии. Управляются данные цифровые автоматы с помощью специального пульта управления нагрузкой, расположенного в кабине экипажа.

Компонент (CFI)	Шина питания	РУ	Питание				
			от АЭС		от блока LMU		
			Обозначение на РУ	Обозначение на электросхеме	Обозначение на электросхеме	Обозначение АЭС питания блока LMU	
Центральный процессор и модуль ввода/вывода (8-T314)	R DC	DB 28V N2	—	—	LMU 6-14	F2-68	LMU 6
Центральный процессор (9-T314)	L DC ESS-1	DB 28V N1	CPM11	F1-33	—	—	—
Центральный процессор (10-T314)	R DC	DB 28V N2	—	—	LMU 2-16	F2-67	LMU 6
Модуль ввода/вывода (11-T314)	L DC ESS-1	DB 28V №1	CPM11	F1-33	—	—	—
Модуль ввода/вывода (12-T314)	L DC ESS-1	DB 28V №1	CPM11	F1-33	—	—	—
Модуль ввода/вывода (13-T314)	R DC	DB 28V N2	—	—	LMU 2-16	F2-67	LMU 2
Модуль ввода/вывода (14-T314)	R DC	DB 28V N2	—	—	LMU 2-16	F2-67	LMU 2
Модуль коммутации (15-T314)	L DC ESS-1	DB 28V №1	SWM11	F1-31	—	—	—
Модуль коммутации (16-T314)	R DC ESS-2	DB 28V №2	SWM12	F2-37	—	—	—
Модуль коммутации (17-T314)	L DC	DB 28V №1	—	—	LMU 1-1	F1-63	LMU 1
Модуль коммутации (18-T314)	R DC	DB 28V №2	—	—	LMU 2-6	F2-67	LMU 2

Рис. 3 Система электроснабжения компонентов центральной вычислительной системы с учетом кабинета авионики

Помимо электропитания центральной вычислительной системы, отдельное питание, регулируемое распределительным устройством, также подается и к компонентам кабинета авионики, входящего в состав платформы центральной вычислительной системы. Платформа центральной вычислительной системы включает в себя 2 кабинета авионики, включающие в себя 5 плат, таких как: 1 центральный процессора – СР, два модуля коммутации SWM и 2 модуля ввода/вывода информации. Каждая плата, помимо приходящего на него питания от системы электроснабжения воздушного судна имеет в своей реализации блоки питания различного номинала, для запитывания отдельных микроконтроллеров, входящих в состав того или иного модуля.

На рис. 4, опираясь на рисунки 2-3 представлена функциональная схема системы электроснабжения центральной вычислительной системы.

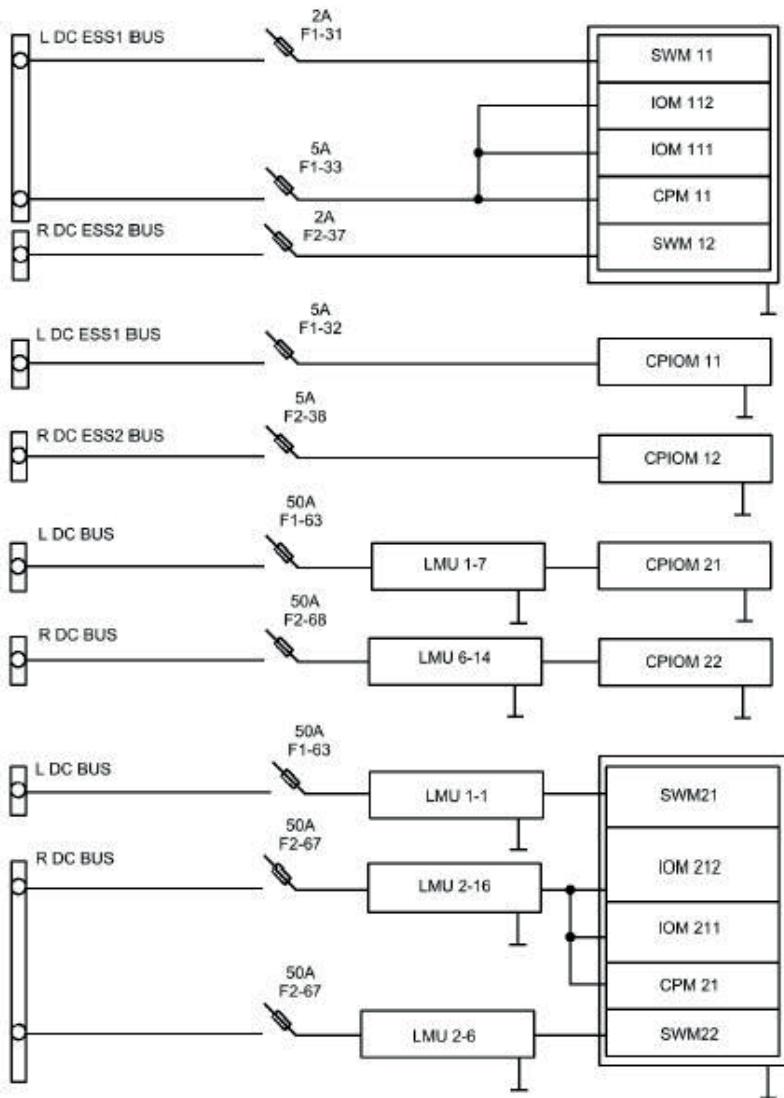


Рис. 4 Функциональная схема системы электроснабжения центральной вычислительной системы

Для успешного изучения системы центрального вычислителя и в дальнейшем для защиты лабораторной работы, с целью полного освоения системы взаимодействия и работы вычислительной системы необходимо выполнить анализ интерфейса, то есть взаимодействия между системами воздушного судна, в контуре управления центральной вычислительной системы. На рисунке ниже (рис. 5) изображено формирование взаимодействия системы электронной индикации с компонентами вычислительной системы. На данном рисунке детально видно, какую роль выполняет каждый модуль, входящий в состав кабинета авионики – САС, а также реализация специализированного программного обеспечения, реализованного в центральном процессоре и модуле ввода/вывода информации.

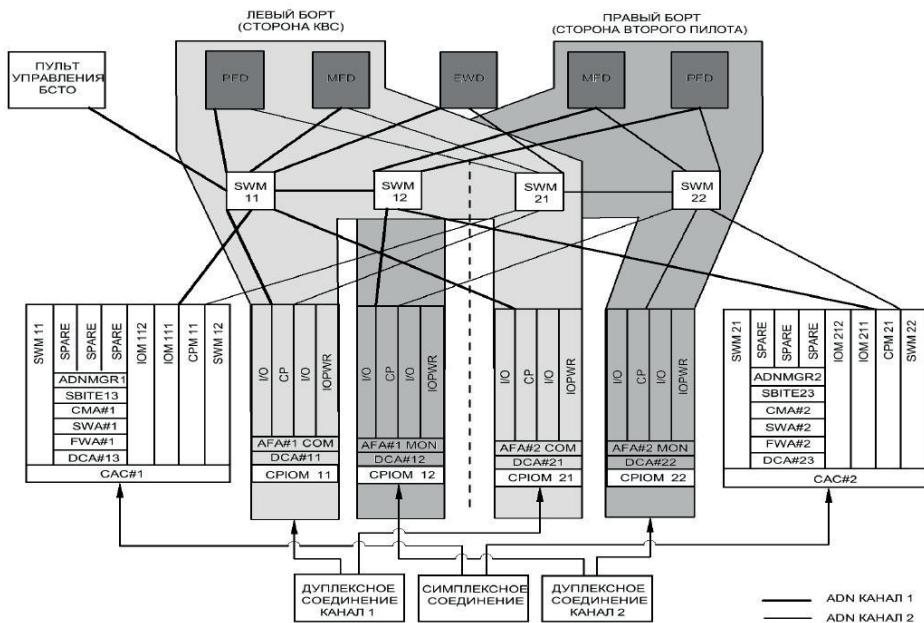


Рис. 5 Формирование взаимодействия системы электронной индикации с компонентами центральной вычислительной системы

Сокращения на схеме	Расшифровка
PrTr-Sys	Датчик давления (29-32-00)
Pressure Transducer	Датчик давления (29-32-00)
Low Pressure Switch	Сигнализатор давления (29-33-00)
IASC	Блок управления КСКВ (21-21-00)
FSCU	Блок управления топливной системой (28-43-00)
FQIC	Блок вычисления количества топлива (28-41-00)
BCU	Блок управления тормозом (32-41-00)
HSCU	Блок управления и контроля гидравлической системы (29-10-00)
ADF RECEIVER	Приёмник автоматического радиокомпаса (34-56-00)
FCP	Пульт управления полётом (22-11-00)
FMS	Вычислитель системы самолётования (34-61-00)
ECP	Пульт управления индикацией (31-61-00)
RMP	Пульт управления радиосредствами (23-81-00)
TQA	Блок рычагов управления двигателями (76-11-00)
VOR RECEIVER	Приёмник радиотехнической системы ближней навигации (34-54-00)
T2CAS	Вычислитель T2CAS (34-43-00)
MMR	Многорежимный приёмник (34-31-00)
SS	Блок боковой ручки управления самолётом (27-91-00)
LGSCU	Электронный Блок управления уборкой-выпуском шасси и поворотом передней опоры шасси (32-31-00)
ATC1_RCZ852	Ответчик 3-го уровня (34-53-00)
ATC1_XS950	Ответчик 4-го уровня (34-53-00)
ID	Сигнализатор обледенения (30-81-00)
CABINET	Кабинет (27-92-00)
ICP01	Левая часть потолочного пульта (31-11-00)
ICP02	Правая часть потолочного пульта (31-11-00)
ICP09	Пульт УВД (31-13-00)
ICP10	Пульт управления торможением (31-12-00)
ICP20	Пульт сигнализации (31-51-00)
ICP19	Пульт сигнализации (31-51-00)
HF_TRANSCEIVER	Приёмопередатчик КВ связи (23-11-00)
MFT 4280	Приёмопередатчик (34-57-00)
GAPCU	Блок управления генератором ВСУ и наземным питанием (24-23-00)
SATCOM_SDU	Приёмопередатчик системы спутниковой связи (23-15-00)
DRA	Радиовысотомер (34-41-00)

Рис. 6 Системы воздушного судна, осуществляющие взаимосвязь в центральной вычислительной системой

PRINTER	Принтер А4 (31-32-00)
VHF_TRANSCEIVER	Приёмопередатчик УКВ связи (23-12-00)
PAA	Усилитель системы связи с пассажирской кабиной (23-53-00)
GLONASS	Приёмник глобальной навигационной спутниковой системы (34-51-00)
IRS	Инерциальный вычислитель (34-21-00)
IESI	Комплексный электронный резервный прибор (34-22-00)
SELCAL	Декодер системы избирательного вызова (23-22-00)
RCAU	Блок усиления и коммутации (23-51-00)
CVR	Регистратор звуковой информации (23-71-00)
DU	Дисплей (31-61-00)
AEVMU	Блок контроля вибрации двигателей (77-31-00)
FDR	Регистратор параметрической информации (31-31-00)
IFDMU	Блок сбора и преобразования параметрической информации (31-31-00)
FC-310	Блок противопожарной защиты (26-10-00)
ADC	Вычислитель воздушных сигналов (34-11-00)
CLOCK	Хронометр (31-21-00)
DME	Приёмопередатчик радиодальномера (34-55-00)
PHC	Блок обогрева приёмников полного и статического давлений (30-31-00)
WXR_P880	Приёмопередатчик метеолокатора (34-42-00)
WXR_WS_CP	Пульт управления метеолокатора (34-42-00)
A708_SPLITTER	Делитель метеолокатора (34-42-00)
ICP 16	Пульт управления БСТО (45-45-00)
PMAT_JACK	Разъём терминала технического обслуживания (45-45-00)

Рис. 7 Системы воздушного судна, осуществляющие взаимосвязь в центральной вычислительной системой (продолжение)

На рисунках выше (рис. 6 и рис. 7) приведены в пример и перечислены элементы всех систем, которые осуществляют взаимодействия с центральной системой самолета. Также во второй половине данных рисунков представлено описание и назначение данных блоков, с ссылками на техническую документацию, которая будет применима в ходе выполнения данной лабораторной работы.

## Описание структуры документов

При выполнении данной лабораторной работы необходимо использовать при подготовке техническую документацию на конкретное воздушное судно SSJ – 100.

Любая документация подразделяется на 3 категории:

- Летная документация;
- Техническая документация;
- Документация наземного обслуживания.

Техническая документация формируется на основании руководящей документации от производителя воздушного судна, на основании которого формируются следующие виды технической документации:

- Руководство по технической эксплуатации (рис.8);
- Иллюстрированный каталог запасных частей воздушного судна;
- Каталог схем воздушного судна (рис.9);
- Руководство структурного ремонта;
- Руководство стандартизованных работ с электрическими компонентами;
- Руководство расположения электрических компонентов;
- Принципиальные электрические схемы (рис. 10).

Адрес расположения всей необходимой технической документации находится на компьютерах кафедры, по адресу расположения Мои документы → kvd ->SSJ-100→Тех. Документация

**САМОЛЁТ RRJ-95**

**РУКОВОДСТВО ПО ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ**

**M7.92.0AMM.000.000.RU**

Рис. 8 Номер документа руководства по технической эксплуатации

## АЛЬБОМ СХЕМ СИСТЕМ САМОЛЁТА

RRJ-95

**M7.92.0SSM.000.000.RU**

Рис. 9 Номер документа каталога схем воздушного судна

САМОЛЁТ RRJ-95

АЛЬБОМ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМ

**M7.92.0WDM.000.000.RU**

Рис. 10 Номер документа принципиальных электрических схем

Руководство по техническому обслуживанию (рис.8) является основным документом по техническому обслуживанию всех функциональных систем и конструкции планера самолета, а также описание необходимых процедур, связанных с выполнением технического обслуживания и ремонта самолета.

Руководство по технической эксплуатации содержит информацию по обслуживанию, ремонту, замене, регулировании, осмотру и проверке элементов конструкции планера и оборудования систем самолета, выполняемых на стоянке самолета или в ангарных помещениях.

Необходимая информация по обслуживанию и ремонту компонентов самолета представлена в руководстве по технической эксплуатации компонентов.

Руководство по технической эксплуатации содержит информацию об осмотрах и техническом обслуживании планера самолета, ремонт конструкции планера описывается в руководстве по ремонту конструкции самолета.

Структура технической документации выполнена в соответствии со стандартом i-spec 2200, исходя из которого все системы самолета поделены на главы:

Таблица 1 Общие главы

00	Введение
04	Ограничения летной годности
05	Ресурсы и сроки службы
06	Размеры и площади
07	Установка на подъемники
08	Нивелировка и взвешивание
09	Буксировка и руление
10	Стоянка, хранение и восстановление для эксплуатации
11	Надписи и трафареты
12	Обслуживание

Таблица 2 Системы самолета

20	Стандартизованные технические процессы
21	Система кондиционирования
22	Система автоматического управления полетом
23	Система связи
24	Система электроснабжения
25	Оборудование кабины
26	Противопожарная система
27	Система управления
28	Топливная система
29	Гидравлическая система
30	Противообледенительная система
31	Система электронной индикации и записи
32	Система шасси
33	Светотехническое оборудование
34	Навигационная система
35	Кислородная система

36	Пневматическая система
38	Система водоснабжения и удаления отходов
44	Система развлечения пассажиров в полете
45	Бортовая система технического обслуживания
46	Информационная система
47	Система нейтрального газа
49	Вспомогательная силовая установка
50	Грузовые и вспомогательные отсеки

Таблица 3 Конструкция планера

51	Стандартизованные технологические процессы
52	Двери, люки, створки
53	Фюзеляж
54	Гондолы двигателей/пилоны
55	Оперение
56	Фонарь, окна
57	Крыло

Таблица 4 Силовая установка

70	Стандартизованные технологические процессы
71	Силовая установка
72	Газотурбинный двигатель
73	Топливная система двигателя
74	Система зажигания
75	Система отбора воздуха
76	Система управления двигателем
77	Приборы контроля двигателя
78	Система выхлопа
79	Масляная система
80	Система запуска

### Порядок выполнения работы

1. Обеспечить доступ к расположению технической документации самолета в профессиональных компьютерах кафедры;
2. Открыть руководство по технической эксплуатации. Открыть главу ATA 31 – Система электронной индикации и записи. Доступ к руководству поможет обеспечить необходимой информацией, о принципах работы системы электронной индикации и записи, при анализе типов сигналов интерфейса системы;
3. В Главе ATA 31 в д структуре дерева документа открыть главу 31-40-00 – Центральные вычислители;
4. В папке с технической документацией открыть документы принципиальных электрических схем и каталог схем воздушного судна, так же в структуре дерева данных документа, определить номер главы и заголовка, относящихся к центральному вычислителю.
5. Выполнить анализ взаимодействия системы центрального вычислителя самолета SSJ – 100 с системами самолета;
6. С помощью каталога схем систем самолета, определить тип и адрес сигналов/команд, поступающих от и передающихся к центральному вычислителю.
7. С помощью каталога принципиальных электрических схем определить типы напряжения, типы проводов, типы основных характеристик системы питания центральной вычислительной системы, также сделать отметку, какие из сигналов, будут являться сигналами управления;
8. Построить таблицы взаимодействия систем самолета и системы центрального вычислителя. В таблице указать главу, название системы, компонент системы, элемент взаимодействия с центральной вычислительной системой, тип сигнала, тип провода;
9. Сопоставить принципиальные электрические схемы и систем с каталогом схем самолета, на подтверждение взаимосвязи;
10. Описать процедуру проверки центральной вычислительной системы, включая проверку блока концентратора данных.

### Контрольные вопросы

1. Состав центральной вычислительной системы;
2. Количество слотов, занятых в кабинете авионики;
3. Какие функции реализованы в центральном процессоре и модуле ввода/вывода информации;
4. Что такое DCA;
5. На какие типы разделяется эксплуатационная документация воздушного судна;
6. Согласно какого стандарта выполнена структура эксплуатационно технической документации;
7. Типы сигналов;
8. Отличие дискретного и цифрового сигнала;
9. Согласно каких протоколов происходит обмен данными между системами самолета;
10. Описание чего мы можем найти в главе 08 руководства по технической эксплуатации;
11. Чем каталог схем самолета отличается от каталога принципиальных электрических схем. Что мы можем по ним определить;
12. Что такое LMU;
13. Какой модуль кабинета авионики отвечает за работу инструментальной системы самолета;
14. В каком компоненте центральной вычислительной системы реализованы функции автопилота;
15. Что такое шина AFDX;
16. Отличие дуплексного соединения от симплексного;
17. Как найти необходимую систему в структуре эксплуатационно технической документации.

### Требования к подготовке отчета и защите лабораторной работы

1. Лабораторная работа выполняется группой студентов (бригадой);
2. Оформляется лабораторная работа в печатном виде, в виде одного отчета на бригаду, куда доданы входит: цель работы, краткая теория, задание, вывод.
3. Оформление отчета выполняется согласно ГОСТам и правилам ЕСКД.

### Список литературы

1. Р.М. Половов, А.Г. Рошин «Бортовые цифровые вычислительные устройства и машины»;
2. С.А. Жнивин «Бортовые цифровые вычислительные устройства»;
3. Руководство по технической эксплуатации самолета SSJ -100;
4. Каталог схем воздушного судна SSJ -100;
5. Альбом принципиальных электрических схем самолета SSJ – 100.