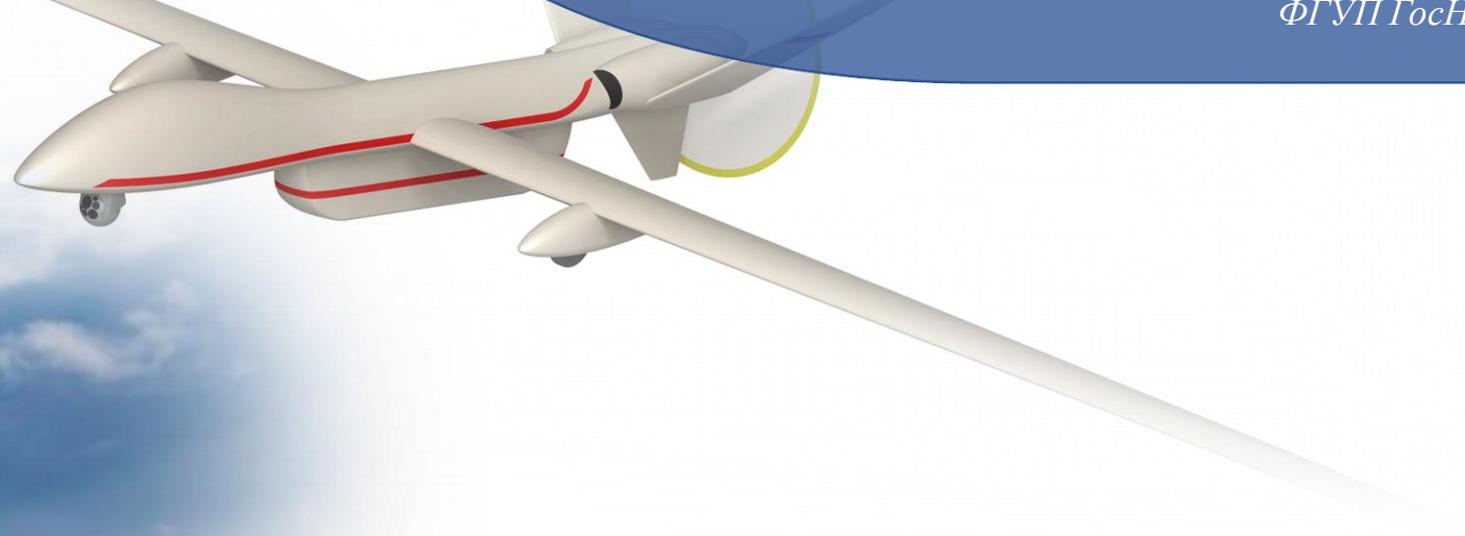




Технические требования к оборудованию управления и контроля беспилотных авиационных систем, к цифровым радиолиниям связи, контроля и управления (С2/С3).

*Филиал «НИИ Аэронавигации»  
ФГУП ГосНИИ ГА*



# ПЛАН ДОКЛАДА



- WG 1 – Летная годность
- WG 2 – Линия контроля и управления С2
- WG 3 – Система предотвращения столкновений в воздухе
- WG 4 – Лицензирование внешнего пилота
- WG 5 – Операции ДПАС
- WG 6 – Интеграция с ОрВД
- WG 7 – Человек в системе
- WG 8 – Руководство по ДПАС 10019

## Приложение 10 Том 6 «Системы и правила связи, относящиеся к линии С2 ДПАС»:

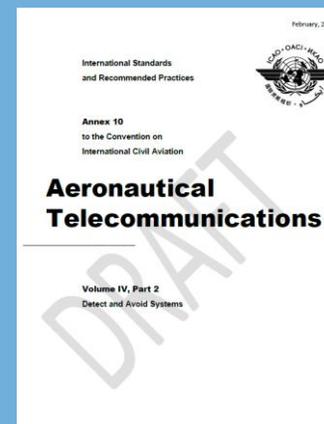
- Линия С2 является службой, как и другие виды авиационной электросвязи
- SARPS не содержит определение технологий, будут во втором пакете к 2022 году
- Предоставляет рамочные основы позволяющие планировать внедрение С2

## Основу концепции С2 составляют 6 параметров:

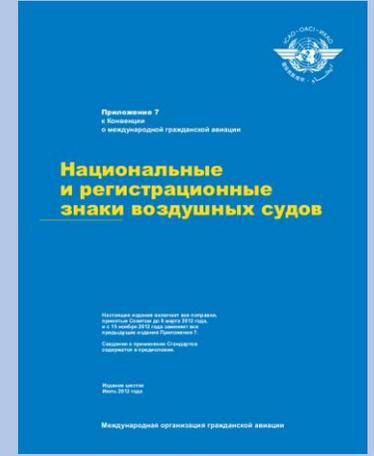
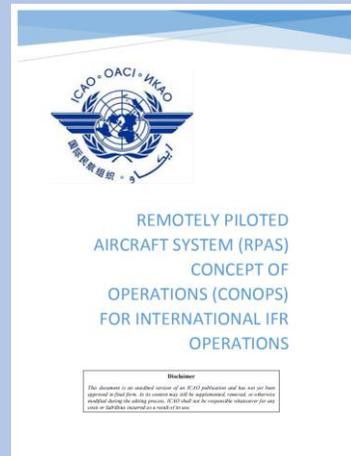
- Целевой уровень безопасности полетов (TLS)
- Требования к характеристикам линии С2 (RLP)
- Спецификация линии С2
- Требуемое качество обслуживания (QoSR)
- Качество предоставленного обслуживания (QoSD)
- Полученное качество обслуживания (QoSE)

## Приложение 10 Том 6 «Системы и правила связи, относящиеся к линии С2 ДПАС»: Содержание:

- ЧАСТЬ 1. Правила применения линий С2
  - Глава 1. Определения
  - Глава 2. Спецификации
  - Глава 3. Правила
- ЧАСТЬ 2. Системы линии С2
  - Глава 1. Определения
  - Глава 2. Общие положения
  - Глава 3. Системы FFS
  - Глава 4. Системы SATCOM С-диапазона
  - Глава 5. Наземные системы С-диапазона
  - Глава 6. Самоорганизующиеся авиационные системы



# ДОКУМЕНТЫ ИКАО



ИКАО разрабатывает положения, касающиеся БАС с 2006 года.

Основные усилия ИКАО были сосредоточены на интеграции дистанционно пилотируемых авиационных систем (ДПАС).

Положения по ДПАС требуется включить практически во все Приложения ИКАО.

Лишь недавно ИКАО занялась изучением беспилотников малого класса (дронами) и их применимости для предоставления услуг.

## RTCA

DO 365B – Минимальные эксплуатационные требования к DAA

DO 366A – Минимальные эксплуатационные требования к системам наблюдения воздух-воздух

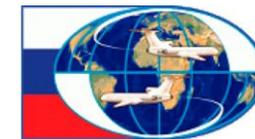
DO 362A – Минимальные эксплуатационные требования к линии контроля у управления БВС (С2)

DO 377 – Минимальные требования к характеристикам линии контроля у управления БВС (С2)

DO 381 – Минимальные эксплуатационные требования к системам DAA наземного базирования



# НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА EUROCAE (WG-105)



## Управление полетами БВС (UAS)

ED-282 Минимальные эксплуатационные требования по электронной идентификации БВС

ED-269 Минимальные эксплуатационные требования к геофенсингу

## Контроль, управление, связь (СЗ)

**ED-265 Минимальные эксплуатационные требования к линии контроля и управления БВС**

## Предупреждение столкновений (DAA)

ED-267 Описание процедур и среды для обнаружения и предупреждения столкновений (DAA) при выполнении операций в ВП очень низких высот (VLL)

ED-271 Минимальные требования к характеристикам DAA в классах ВП А-С при ППП

## Летная годность

ED-272 Минимальные требования к характеристикам удаленной станции пилота БВС, выполняющих полеты по ППП в несегрегированном ВП

## Риски (SORA)

ED-280 Руководство по анализу безопасности БАС специальной категории

## Автоматизация ДПАС (ERA)

ED-253 Описание процедур и среды для автоматизации и аварийного восстановления

ED-281 Минимальные требования к характеристикам для автоматизации и аварийного восстановления



# БАЗА ДЛЯ РАССМОТРЕНИЯ ВОПРОСА ВЫДЕЛЕНИЯ СПЕКТРА ДЛЯ ЛИНИИ С2

## БАС



### Выделение спектра:

#### ГКРЧ:

<https://digital.gov.ru/ru/activity/directions/475/#section-materials>

#### ICAO:

Приложение 10, Том VI, СИСТЕМЫ И ПРАВИЛА СВЯЗИ, ОТНОСЯЩИЕСЯ К ЛИНИИ С2 ДИСТАНЦИОННО ПИЛОТИРУЕМЫХ АВИАЦИОННЫХ СИСТЕМ  
 Приложение 10, Том V, ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АВИАЦИОННОГО РАДИОЧАСТОТНОГО СПЕКТРА

#### ITU:

ВКР 19 - предварительные итоги

#### RTCA:

DO-362A MOPS  
 DO-377A MASP

#### FAA: TSO-C213

#### Eurocae:

MASP RPAS Command and Control Data Link  
 MOPS for RPAS Command and Control (2020) Data Link (Terrestrial)  
 Draft ED-265 "Minimum Operational Performance Standard for RPAS Command and Control Data Link (C-Band Satellite)".  
 ER-016

#### EASA:

EASA concept for regulation of UAS 'certified' category operations of Unmanned Aircraft Systems (UAS), the certification of UAS to be operated in the 'specific' category and for the Urban Air Mobility operations - Issue 2.1

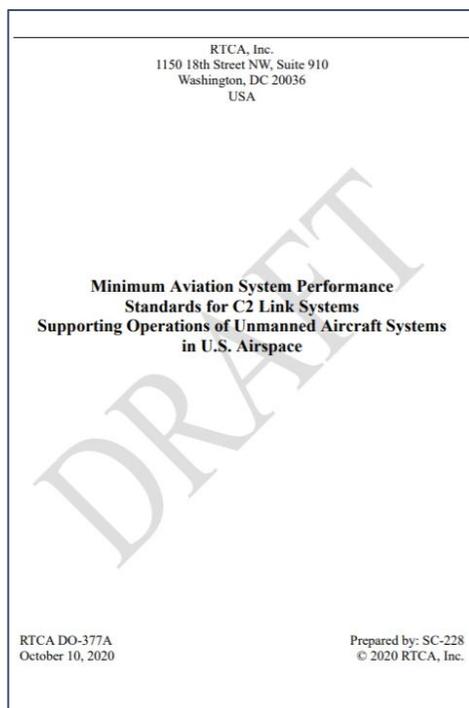


MOPS for DAA Systems	
DO-365	MOPS for Detect and Avoid Systems (TSO-C211b)
DO-366	MOPS for Air-to-Air Radar for Traffic Surveillance (TSO-C212a)
DO-362	Command and Control (C2) Data Link MOPS (TSO-C213)
DO-385	MOPS for Airborne Collision Avoidance Systems X (ACAS X)
DO-181F	Mode S Transponder MOPS (TSO-C112e)
DO-260C	ADS-B MOPS (TSO-C166b)
AS8003	Altitude Encoder MOPS (TSO-C88b)
DO-229D	MOPS for GPS (TSO-C145c)

Cert Documents	Phase 1 DAA		Phase 2 DAA		Phase 3 DAA <sup>1</sup>	
DO-365 DAA MOPS	Rev -	5/31/2017	Rev A	3/30/2020	Rev C	October 2022
TSO-C211	Rev -	9/25/2017	Rev A	January 2021	Rev C	TBD
DO-366 ATAR MOPS	Rev -	5/24/2017	Rev A	9/10/2020	Rev A	No Revision Needed
TSO-C212	Rev -	9/22/2017	Rev A	May 2021 <sup>2</sup>	Rev A	No Revision Needed
DO-362 C2 Link (Terrestrial) MOPS	Rev -	9/22/2016	Rev A	4Q-2020 <sup>1</sup>	Rev B	July 2022
TSO-C213	Rev -	3/9/2018	Rev A	TBD	Rev B	TBD
DO-361 GB33 MOPS			Rev -	3/30/2020	Rev A	April 2021
TSO-Cxxx			Rev -	June 2021 <sup>2</sup>	Rev A	TBD
DO-XXX Airborne EO/IR Sensor MOPS			Rev -	March 2021 <sup>1</sup>	Rev -	No Revision Needed
TSO-Cxxx			Rev -	May 2021	Rev -	No Revision Needed
DO-386 ACAS Xu MOPS			Rev -	December 2020 <sup>2</sup>	Rev -	No Revision Needed
TSO-C211b			Rev -	May 2021 <sup>3</sup>	Rev -	No Revision Needed
DO-181 ATCRBS/Mode S MOPS	Rev E	3/17/2011	Rev F	December 2020 <sup>2</sup>	Rev F	No Revision Needed
TSO-C112	Rev E	9/16/2013	Rev F	TBD	Rev F	No Revision Needed
DO-260 ADS-B 1090ES MOPS	Rev B	12/2/2009	Rev C	December 2020 <sup>2</sup>	Rev C	No Revision Needed
TSO-C166	Rev B	12/2/2009	Rev C	TBD	Rev C	No Revision Needed
DO-304 Guidance Material (GM) for UAS	Rev -	3/22/2007	Rev -	No Revision	Rev A	April 2021
DO-XXX C2 Link for LTE Networks MOPS					Rev -	January 2023
DO-XXX ACAS sXu MOPS					Rev -	October 2021
DO-XXX GM for UAS Lost Link Behavior					Rev -	April 2022
DO-XXX GM for UAS Navigation Systems					Rev -	April 2022

## RTCA, DO-377 «Стандарты минимальных характеристик авиационных систем для систем связи C2, поддерживающих работу беспилотных авиационных систем в воздушном пространстве США»

В октябре 2020 года вышел драфт с обновлениями – DO-377A (объем документа – 726 листов)



### Содержание:

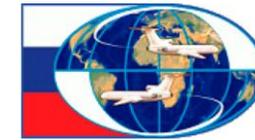
1. Рамки документа (16 стр)
2. Подход и методология (7 стр)
3. Системные требования:
  - операционные требования;
  - Функциональные требования;
  - Требования к взаимодействию;
  - Эксплуатационные риски;
  - Показатели безопасности;
  - Требования к характеристикам;
  - Требования к безопасности;
  - Требования к защищенности;
  - Рекомендации(29 стр)
4. Верификация требований для систем линии C2 (13стр)

### Приложения:

- A. Эксплуатационная концепция (37 стр)
- B. OSED - Описание сервисов и эксплуатационное окружение (103 стр)
- C. Оценка эксплуатационной безопасности (79 стр)
- D. Оценка эксплуатационных характеристик (62 стр)
- E. Скорость передачи данных
- F. Рассмотрение бюджета линии для систем C2 наземного и спутникового базирования (41 стр)
- G. Взаимосвязь L и C - диапазонов (8 стр)
- H. Возможности и вызовы L-диапазона (9 стр)
- I. Планирование многократного использования частот (14 стр)
- J. Динамическое назначение ресурсов спектра (13 стр)
- K. Ретрансляция наземных и спутниковых сетей (24 стр)
- L. Связь линии контроля и управления C2 для БАС с использованием спутниковых каналов связи (L,C,Ка,Ku - диапазонов) (24 стр)
- M. Соглашения об уровне предоставляемых услуг (назменные/SATCOM) (12 стр)
- N. Рассмотрение вопросов видео для полетов БВС в гражданском ВП (13 стр)
- O. Контроль и управление, а также полезная нагрузка на одной линии (7 стр)
- P. Оценка взаимодействия и рассмотрение подключения системы линии C2, переключению и передаче управления станцией (70 стр)
- Q. Рассмотрение вопросов защищенности системы линии C2 (16 стр)

# СТАНДАРТ DO-377

Системные требования. Примеры из DO-377A



В США

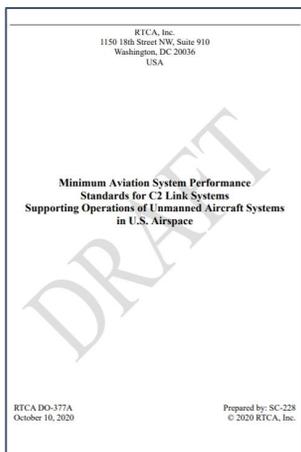
## Операционные требования

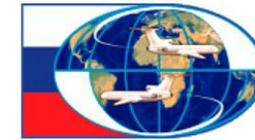
Operational Requirement No.		Operational Requirement Description
OR-1		The C2 Link System shall enable the remote pilot's control of the UA.
	OR-1.1	The C2 Link System shall enable the remote pilot's ability to aviate the UA through all phases of flight.
	OR-1.2	The C2 Link System shall enable the remote pilot's ability to communicate with other aircraft through the voice radio onboard the UA.
	OR-1.3	The C2 Link System shall enable the remote pilot's ability to navigate the UA.
	OR-1.4	The C2 Link System shall enable the remote pilot's ability to remain DAA Well Clear (DWC).
	OR-1.5	The C2 Link System shall enable the remote pilot's management of the C2 Link System.

Система линии C2 должна обеспечивать управление БВС внешним пилотом.

Система линии C2 должна обеспечивать возможность внешнего пилота управлять БВС на всех этапах полета.

Система линии C2 должна обеспечивать возможность внешнего пилота осуществлять связь с другими ВС через голосовую радиосвязь на борту БВС.





В США

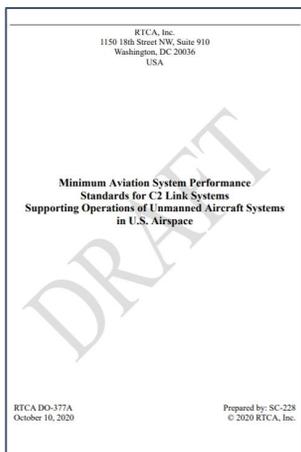
### Функциональные требования

Functional Requirement No.	Functional Requirement Description
FR-1	The C2 Link System shall support information exchange between the CS and UA. Traces from OR-1, OR-2, OR-3, OR-4.
FR-1.1	The C2 Link System shall support information exchanges to enable the remote pilot's Aviate activities. Traces from OR-1.1, OR-2.1, OR-3, OR-4.
FR-1.2	The C2 Link System shall support information exchanges to enable the remote pilot's Communicate activities. Traces from OR-1.2, OR-2.2, OR-3, OR-4.
FR-1.3	The C2 Link System shall support information exchanges to enable the remote pilot's Navigate activities. Traces from OR-1.3, OR-2.3, OR-3, OR-4.
FR-1.4	The C2 Link System shall support information exchanges to enable the remote pilot's Integrate activities. Traces from OR-1.4, OR-2.4, OR-3, OR-4.

Система линии C2 должна обеспечивать обмен информацией между наземной станцией и БВС.

Система линии C2 должна поддерживать обмен информацией для обеспечения возможности осуществления пилотирования внешним пилотом.

Система линии C2 должна поддерживать обмен информацией для обеспечения возможности осуществления связи внешним пилотом.



# СТАНДАРТ DO-377



В США

## L Диапазон: 960–1164 МГц

▪ распределен между авиационными радионавигационными службами, которые включают в себя:

DME, TACAN, РСБН, транспондеры, SSR, Mode S, TCAS, мультилатерация (MLAT/WAM);

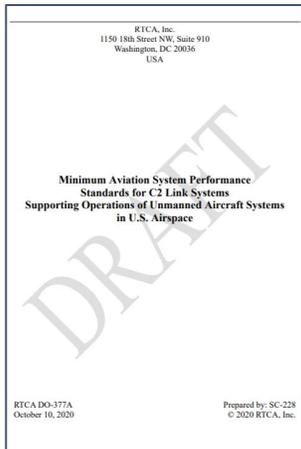
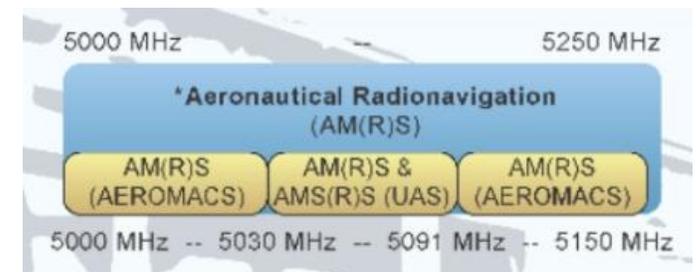
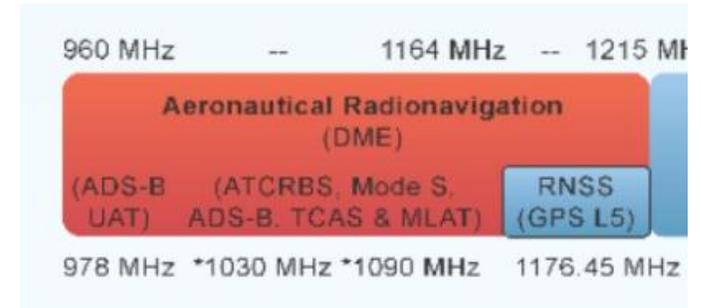
▪ распределен между другими системами: UAT, ADS-B, ADS-R и TIS-B;

▪ LDACS???

## C Диапазон: 5030–5091 МГц,

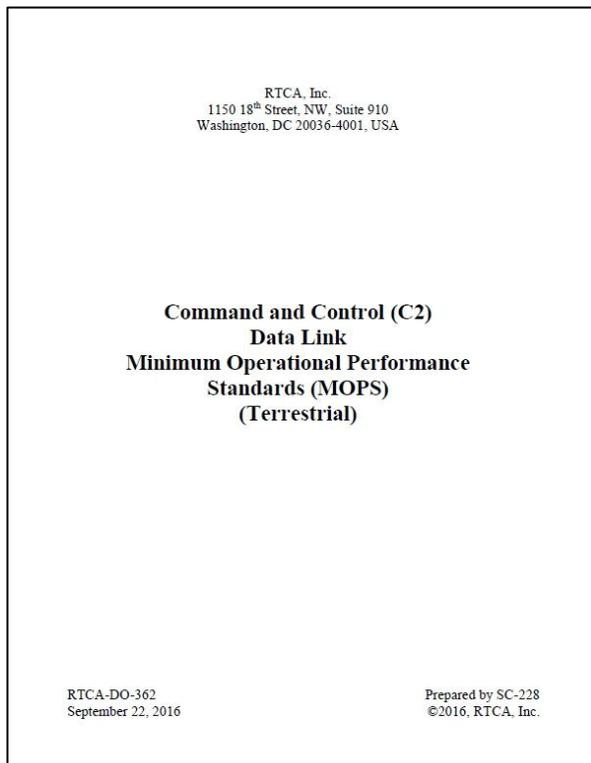
▪ авиационная радионавигация вместе со спутниковыми ав. службами подвижной связи на равноправной основе;

▪ микроволновая система посадки (MLS).



## RTCA, DO-362 «Стандарты минимальных характеристик линии контроля и управления С2 (наземной)»

В декабре 2020 года вышел обновленный – DO-362A (объем документа – 676 листов)



### Содержание:

1. Цель и рамки документа (16 стр)
2. Требования к характеристикам оборудования и процедуры испытаний (192 стр)
3. Характеристики устанавливаемого оборудования (10 стр)
4. Эксплуатационные характеристики оборудования (3 стр)
5. Членство (1 стр)

### Приложения:

- A. Аббревиатуры, акронимы и определения
- B. Источники
- C. Взаимоотношения диапазонов L и C
- D. Рассмотрение вопроса защищенности
- E. Рассмотрение вопросов видео для полетов БВС в гражданском ВП
- F. UAS CNPC link system operational capabilities and implementation considerations (1 стр)
- G. Совместимость спутниковой линии в C диапазоне (24 стр)
- H. Анализ пропускной способности спектра (15 стр)
- J. Скорость передачи данных (отсылка к DO-377)
- K. Требуемые характеристики линии передачи данных для системы линии контроля и управления БАС (отсылка к DO-377)

- L. Примерные бюджеты системы линии контроля и управления БАС, выводы и рекомендации (40 стр)
- M. Основа MOPS системы линии контроля и управления (перенесено в раздел MOPS)
- N. Данные стендовых испытаний для MOPS системы линии контроля и управления (-)
- O. Данные летных испытаний для MOPS системы линии контроля и управления (154 стр)
- P. Определение минимального расстояния для предотвращения помех TACAN от линии контроля и управления (убрано из текста)
- Q. Резюме по измерениям и моделям NASA канала воздух-земля (перемещен в Прил.S)
- R. Отношение нежелательного сигнала к желаемому и отношение сигнала к шуму плюс помехи (70 стр)
- S. Валидация способности системы линии контроля и управления предоставлять требуемые технические характеристики линии в желаемых эксплуатационных условиях (10 стр)
- T. Защита систем смежных диапазонов от помех наземных линий контроля и управления диапазона C (6 стр)
- U. Радиорелейная система диапазона C на больших высотах (36 стр)
- V. Правила размещения радиостанций и использования частоты канала связи (16 стр)

1. Необходимость **законного** использования радиочастотного спектра;
2. Функционирование в т.ч. в **сложных метеоусловиях**;
3. Непреднамеренные помехи;
- 4. Совместное использование** очень ограниченного радиочастотного спектра;
- 5. Защищенность от компьютерных атак** на БВС и станцию управления;
6. Защищенность от **преднамеренных** помех;
- 7. Вариативность требований** в зависимости от особенностей БВС и его системы управления.



# ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ



**Цель: Интеграция больших БВС в Воздушное пространство РФ и мировое ВП.**

- **Линия контроля и управления C2**
  - **Разработать требования высокого уровня к C2 (DO-377)**
    - **Кому-то это должно быть очень надо (рабочая группа с репутацией, эксперты от индустрии, науки, регулятора, провайдера)**
  - **Не забыть про DAA (DO-365), данные DAA передаются с использованием линии C2 внешнему пилоту;**
  - **C2 – лишь часть от общей задачи интеграции;**
    - *Провести НИР и сформировать концептуальные решения по организации линии C2 (в том числе защиты линии);*
    - **Выделить спектр в РФ (ГКРЧ, исследовать L и C диапазоны), упорядочить использование, динамическое распределение;**
    - **В рамках работы над НЛГ БАС разработать структуру и типовое содержание раздела НЛГ по линии управления ДПВС;**
    - **Выработать стратегию – Стандарты РФ, с учетом ICAO, RTCA, Eurocae;**
    - **Выработать технические требования к оборудованию (аналог DO-362), в том числе требования по защите информации в радиолинии.**





**Спасибо за внимание**

**Филиал НИИ Аэронавигации ФГУП ГосНИИ ГА**

**Март 2021,  
Москва**