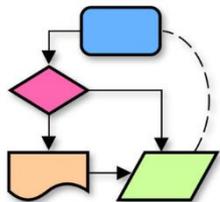


Применение технологий разработки планового технического обслуживания (MSG3/RCM) в проекте Ил-96-400М

И.Ю. Галин, АО НИЦ «Прикладная Логистика»

Л.Г. Цесарский, ПАО «Ил»

Основные принципы разработки планового ТО по методике MSG-3\RCM



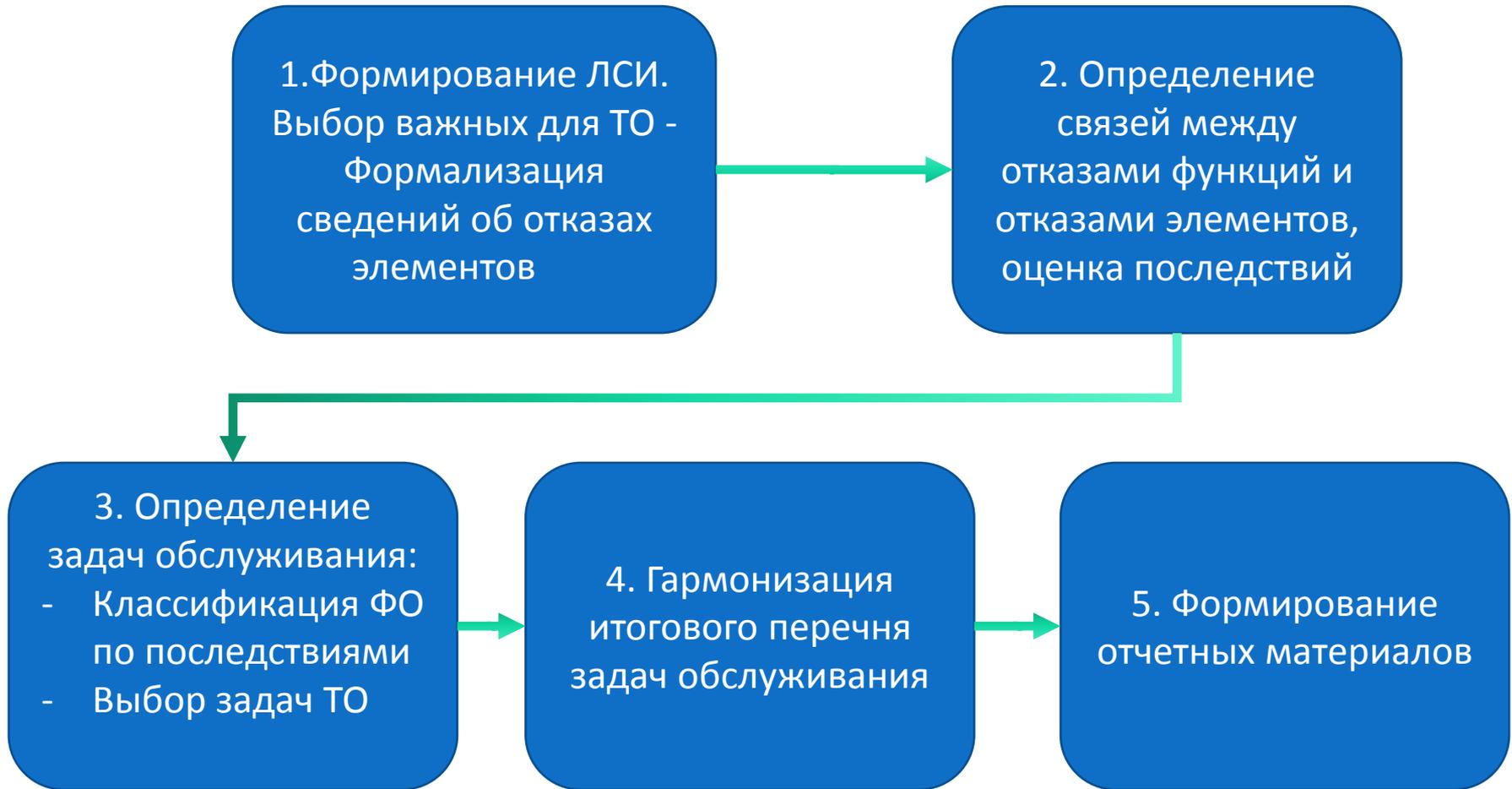
Использование **формального алгоритма** для назначения состава и периодичности работ планового технического обслуживания (ТО) для поддержания заложенных в конструкцию уровней безопасности и надежности воздушных судов (ВС).

В процессе выполнения шагов такого алгоритма **результат** – перечень задач планового ТО в котором для каждой задачи разработчиком ВС определено:

- **назначение задачи** – какие отказы с какими последствиями эта задача предупреждает или компенсирует;
- **содержание планового ТО** – какой способ (осмотр, замена, регулировка и т.п.) технического обслуживания применим и эффективен;
- **обоснование выбора вида эффективного планового ТО** – результаты формального опроса специалистов.



Стадии разработки перечня задач планового технического обслуживания



Стадия 1. Построение ЛСИ

Описание функциональной системы

Структура	ЛКН	Количество в узле
021::Система кондиционирования воздуха	021	1
021-10::Отбор воздуха от основных силовых у...	021-10	1
021-10-01::Отбор воздуха от двигателей	021-10-01	1
021-10-01-01::3449::Заслонка 3449	021-10-01-01	12
021-10-01-02::6719::Темплообменник 6719	021-10-01-02	4
021-10-01-03::6739::Заслонка 6739	021-10-01-03	4
021-10-01-04::1.9603.7691.290::Клапан обр...	021-10-01-04	4
021-10-01-05::ДАТ-5КА::Датчик давления	021-10-01-05	16
021-10-01-06::ДДИДФ-0.16::Датчик переп...	021-10-01-06	16
021-10-01-07::П-109М1::Датчик температу...	021-10-01-07	16
021-10-01-08::3162::Обратный клапан 3162	021-10-01-08	4
021-10-01-09::3409::Заслонка 3409	021-10-01-09	4
021-10-01-10::Комфорт Блок А::Система "	021-10-01-10	8
021-10-01-11::ТКЕ22П1ГБ::Реле ТКЕ22П1...	021-10-01-11	12
021-10-02::Система кольцевания	021-10-02	1
021-10-03::Отбор воздуха от ВСУ	021-10-03	1
021-20::Вентиляция воздуха	021-20	1
021-20::Вентиляция воздуха	021-20	1

Элементы значимые для ТО

Описание составных частей и их характеристик

Структура	Наименование	Количество	Единица измерения	Наработка на отказ	Наработка на отказ
49-017::Желоб слива топлива	Желоб слива топлива из выхлопно...	0	шт	0	0
TK 7850-2050::Заглушка TK	Заглушка TK 7850-2050	400	шт	0	0
5874 BT::Задатчик абсолютного давления	Задатчик абсолютного давления 5...	120	шт	0	0
5828AT::Задатчик ручного управления	Задатчик ручного управления 5828...	256	шт	0	0
6822-01::Задатчик температуры	Задатчик температуры 6822-01	0	шт	0	0
3408::Заслонка 3408	Заслонка 3408	52	шт	350	0
3409::Заслонка 3409	Заслонка 3409	18	шт	0	0
3410::Заслонка 3410	Заслонка 3410	20	шт	0	0
3449::Заслонка 3449	Заслонка 3449	14	шт	750	0
3484::Заслонка 3484	Заслонка 3484	15	шт	0	0
6739::Заслонка 6739	Заслонка 6739	8	шт	0	0
1919T::Заслонка регулирующая	Заслонка регулирующая 1919T	53	шт	0	0
И1П-8Б::Индикатор И1П-8Б	Индикатор И1П-8Б давления возду...	13	шт	0	0
ИТЭ-2ТБ::Индикатор ИТЭ-2ТБ	Индикатор ИТЭ-2ТБ	18	шт	500	0
УТ-7АБ-770::Индикатор УТ-7АБ-770	Индикатор УТ-7АБ-770	7	шт	400	0
49-018::Канал входной воздушной системы	Канал входной воздухозаборного ...	400	шт	0	0
Дроссель Дроссель Е28180::Канал	Канал дроссельный Дроссель Е28180	8	шт	0	0

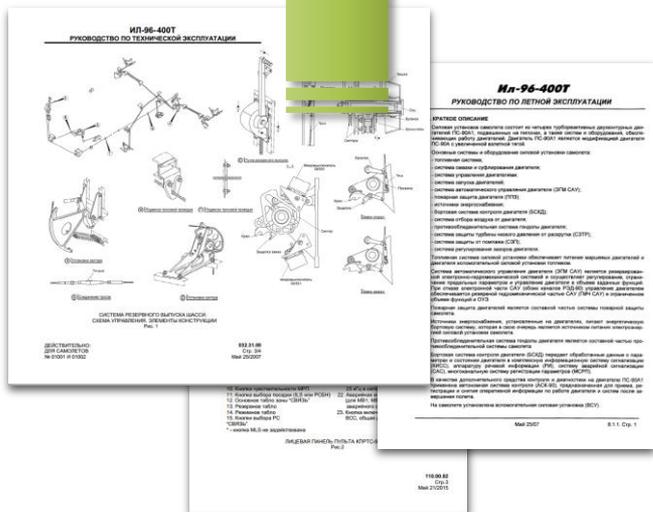
Описание возможных отказов составных частей и последствий (на различных уровнях)

Идентификатор	Описание	Последствия на уровне ФИ	Обстоятельства обнаружения	Интенсивность отказов
A477-A480	Отсутствие сигнала с КВ о закрытом положении::3449 :: Заслонка 3449	Без последствий:Н...	КР :: Крейсерский ре...	0,00000376
A17-A20	Отказ в закрытом положении::3449 :: Заслонка 3449	Без последствий:Н...	КР :: Крейсерский ре...	0,000001
A384-A387	Заклинивание в открытом положении::3449 :: Заслонка 3449	Без последствий:Н...	ВЗ :: Взлет	0,000001
A481-A484	Л.С. с КВ о закрытом положении::3449 :: Заслонка 3449	Без последствий:Н...	ВЗ :: Взлет	0,000001

Стадия 1. Построение ЛСИ.

Основные исходные данные

БД АЛП
Раздел - ЛСИ



- **Материалы технического проекта и конструкторская документация:** в части описания устройства и принципов работы основных функциональных систем, принципиальные схемы, эскизы, чертежи, спецификации;
- **Эксплуатационная документация на покупные и комплектующие изделия:** в части руководств по эксплуатации и руководств по обслуживанию, а так же сведения из формуляров\паспортов (для корректной идентификации СЧ в составе ВС)
- **Эксплуатационная документация на изделия-аналоги:** в том числе на функционально и конструктивно заимствованные СЧ и системы, использованные на предыдущих модификациях самолёта ИЛ-96 (400Т, 300 и др.)

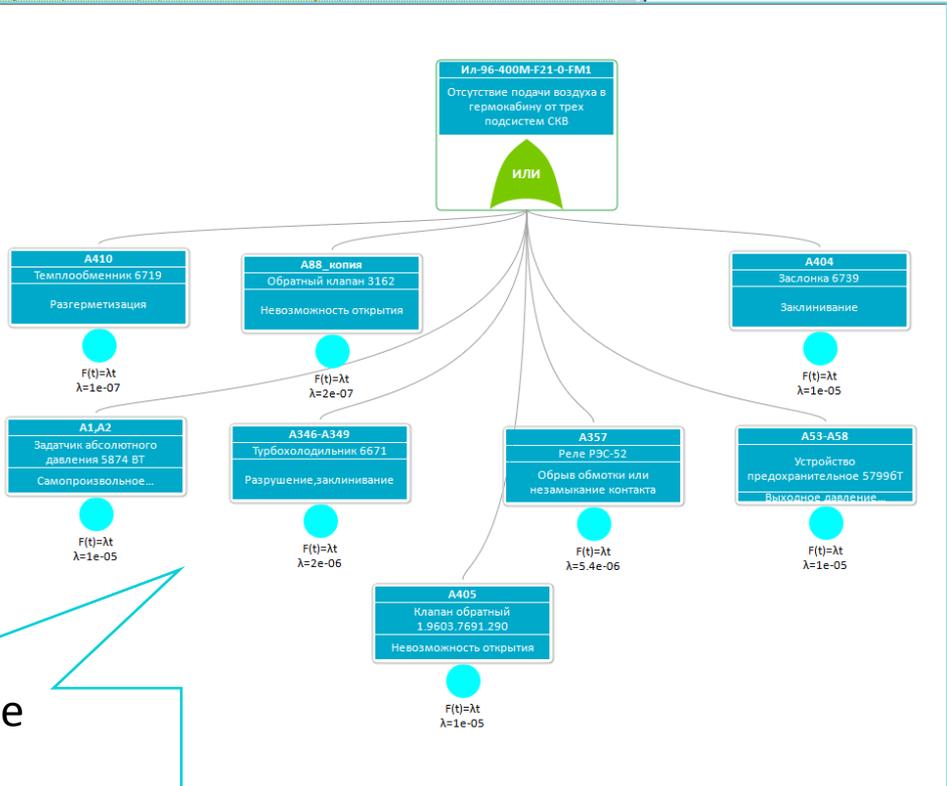
Стадия 2. Определение связи функциональных отказов и отказов составных частей

Причины отказов – отказы компонентов

Структура	Последствия на уровне
Ил-96-400M-F21-4: Обдв. центрального пульта летчиков и блоков электронной аппаратуры	
Ил-96-400M-F21-4-FM1: Отсутствие обдува центрального пульта летчиков	Безопасность полета
A13-A18: Самопроизвольная выдача сигнала на закр. клапана: 6645-01(02) :: Регулятор 6645-01(02)	Нет
A19, A20: Самопроизвольная выдача сигнала на откр. 3-х кл.: 6645-01(02) :: Регулятор 6645-01(02)	Нет
A21, A22: Самопроизвольная выдача сигнала на закр. 3-х кл.: 6645-01(02) :: Регулятор 6645-01(02)	Нет
A35-A40: Управляющее давление соответствует атмосферному: 5684M ::	
A401: Отказ электродвигателя: ЭВ-0.5-1640 :: Вентилятор ЭВ-0.5-1640	
Ил-96-400M-F21-4-FM2: Отсутствие обдува блоков электронной аппаратуры	
A17-A20: Отказ в закрытом положении: 3449 :: Заслонка 3449	
A401: Отказ электродвигателя: ЭВ-0.5-1640 :: Вентилятор ЭВ-0.5-1640	
Ил-96-400M-F21-3: Обогрев отсека ВСУ	
Ил-96-400M-F21-3-FM1: Пожное включение обогрева отсека ВСУ	
A425: П.С. на включение обогрева ВСУ: Комфорт Блок А :: Система "Комфорт"	
Ил-96-400M-F21-3-FM2: Отсутствие подачи воздуха на обогрев отсека ВСУ	
A261: Заклинивание в закрытом положении: 3410 :: Заслонка 3410	
A271: Заклинивание в открытом положении: 3484 :: Заслонка 3484	
A280: Отказ: 7064 :: Электронагреватель 7064	
A357: Обрыв обмотки или незамыкание контакта: РЭС-52 :: Реле РЭС-52	
A77-A80: Обрыв теплочувствительного элемента(сигн. о макс. t-ре): П-109	
Ил-96-400M-F21-3-FM3: Невозможность автоматического включения обогрева отсека ВСУ	
A258: Отсутствие сигнала на включение обогрева ВСУ: Комфорт Блок А :: Система "Комфорт"	
A280: Отказ: 7064 :: Электронагреватель 7064	
Ил-96-400M-F21-1: Кондиционирование воздуха в пассажирской кабине	
F21-1-FM1: Отсутствие подачи воздуха в пассажирскую кабину	
F21-1-FM2: Полное отсутствие подачи воздуха в пассажирскую кабину	
Автоматическое регулирование давления воздуха в гермокабине экипажа	
1: Отсутствие подачи воздуха в гермокабину от трех подсистем СКВ	
3: Отсутствие подачи воздуха в гермокабину от двух подсистем СКВ	
5: Отсутствие подачи воздуха для обогрева рабочих мест в гермокабине	
7: Утечка воздуха из трубопровода отбора на участке отбора	
6: Отсутствие ручного отключения подсистемы СКВ	
4: Отсутствие подачи воздуха в гермокабину от одной подсистемы СКВ	
2: Полное отсутствие подачи воздуха в гермокабину от двух подсистем СКВ	
Роль и сигнализация СКВ	
Ил-96-400M-F21-5-FM1: Отсутствие сигнализации об отключении одной подсистемы СКВ	
Ил-96-400M-F21-5-FM2: Пожный сигнал об отключении одной подсистемы СКВ	
Ил-96-400M-F21-5-FM3: Отсутствие подачи воздуха в гермокабину от одной подсистемы СКВ	
Ил-96-400M-F21-5-FM4: Отсутствие подачи воздуха в гермокабину от двух подсистем СКВ	

Функциональные отказы

Формализованное описание функционального отказа, уравнение, соответствующее дереву отказов (FTA)



Стадия 2. Определение связи ФО и отказов составных частей.

Основные исходные данные

- БД АЛП
Разделы
- Функции (ЛСФ)
 - Возможные отказы СЧ



ИСКМ	ИСКМ	ИСКМ	ИСКМ	ИСКМ	ИСКМ
Перевключатель 130291111/3/A/81	Выключение ручного режима управления 02	Незамыкание контакта	СОНЬ "Ии"	0,000021	
Система "Комфорт" 901(Блок А)	Управление подсистемами: подогрев воздуха 02	Д.С. на закрытие сбора по утечке	НПГ"Наука"	0,000021	
Регулятор сбора 339904	Регулирование сбора воздуха от 14-ой ступ. 01	Отсутствие включения сбора от 14-ой ступени	СОНЬ "Ии"	0,000021	
Клапан предохранительный 3208	Сигнализация давления в теплом кол 02	Несрабатывание	СОНЬ "Ии"	0,0000376	
Теплообменник 194708-4 прудер. охлажден.	Предохранительное охлаждение воздуха в 01	Негерметичность	НПГ"Наука"	0,0000021	
Реле P3C-52	Отключение э.режима СВБ2 и СВБ2	Обрыв обмотки или замыкание контакта	СОНЬ "Ии"	0,0000054	
Реле P3C-52	Отключение э.режима СВБ2 и СВБ4	Обрыв обмотки или замыкание контакта	СОНЬ "Ии"	0,0000054	
Реле P3C-52	Синий режим "FULL_FLOW"	Обрыв обмотки или замыкание контакта	СОНЬ "Ии"	0,0000024	
Перевключатель 130291111/3/A/1	Выключение режима полного расхода 02	Обрыв обмотки или замыкание контакта	СОНЬ "Ии"	0,0000021	
Заслонка 3409	Исполнительный элемент регулятора т.гр. 02	Исполнительный элемент регулятора т.гр. 02	НПГ "НАУКА"	0,000001	
Модуль арретера	Вкл./выкл. режима полного расхода "FULL_FI 02	Исполнительный элемент регулятора т.гр. 02	СОНЬ "Ии"	0,0000127	
Блок заслонки 2-ух каналный 3415	Исполнительный элемент регулятора т.гр. 02	Исполнительный элемент регулятора т.гр. 02	НПГ "Наука"	0,000001	
Клапан отключения сбора 3214483-5 (USA)	Исполнительный элемент регулятора упор. 02	Исполнительный элемент регулятора упор. 02	ALLIED 56.	0,0000068	
Прибор упр. рег. давл. и откл.сбора (USA)	Регулирование сбора воздуха от двигателя 02	Регулирование сбора воздуха от двигателя 02	ALLIED 56.	0,0000135	
Реле TH2211E			СОНЬ "Ии"	0,00000129	
Реле TH2211E			СОНЬ "Ии"	0,000001	
Система "Комфорт" 901(Блок А)			НПГ"Наука"	0,000001	
Система "Комфорт" 901(Блок А)			СОНЬ "Ии"	0,000001	
Задачи температуры 6822-01			СОНЬ "Ии"	6,16E-08	
Задачи температуры 6822-01			СОНЬ "Ии"	0,00000552	
Система "Комфорт" 901(Блок А)			НПГ"Наука"	0,000001	
Датчик давления ДА1-50А			НПГ "Наука"	0,0000025	
Система "Комфорт" 901(Блок А)			НПГ"Наука"	0,000001	
Датчик температуры П-109М1			НПГ"Наука"	0,000005	

Паспорт
Формуляр
ИСКМ.00476-02 ФО
МФПОУМР-М
2015

- **Результаты анализа функциональных отказов (АФО, полученные в системе анализа надёжности) в части следующих сведений:**
 - Данные о возможных видах отказов СЧ (включая отказы ПКИ)
 - Оценки интенсивности возможных отказов СЧ и ПКИ
 - Взаимосвязи отказов СЧ и функциональных отказов
 - Оценки последствий (в контексте безопасности - БП, УУП, СС и т.д)
- **Эксплуатационная документация на покупные и комплектующие изделия:**
 - сведения о надёжности ПКИ, ресурсах,
 - способах диагностики\индикации отказов СЧ

Стадия 3. Определение задач технического обслуживания.

Классификация функциональных отказов по последствиям

Классификация функциональных отказов

КАТЕГОРИЯ № 5

Функциональный отказ непосредственно влияет на безопасность полетов.

КАТЕГОРИЯ № 6

Функциональный отказ негативно влияет на возможность планового завершения полетов.

КАТЕГОРИЯ № 7

Функциональный отказ влияет на экономику эксплуатации.



КАТЕГОРИЯ № 8

Функциональный отказ влияет на безопасность полетов (в комбинации с другим отказом).

КАТЕГОРИЯ № 9

Функциональный отказ имеет другие негативные последствия.



Стадия 3. Определение задач технического обслуживания.

Классификация функциональных отказов по последствиям

Анализируемые отказы функций

Ил-96-400М-F21-0-FM2: Полное отсутствие подачи воздуха в гермокабину
Ил-96-400М-F21-0-FM3: Отсутствие подачи воздуха в гермокабину от двух систем СКВ
Ил-96-400М-F21-0-FM4: Отсутствие подачи воздуха в гермокабину от одной системы СКВ
Ил-96-400М-F21-0-FM5: Отсутствие подачи воздуха для обогрева рабочих мест летчиков
Ил-96-400М-F21-0-FM6: Отсутствие ручного отключения подсистемы СКВ
Ил-96-400М-F21-0-FM7: Утечка воздуха из трубопровода отбора на участке до датчиков
Ил-96-400М-F21-1: Кондиционирование воздуха в пассажирской кабине
Ил-96-400М-F21-1-FM1: Отсутствие подачи воздуха в пассажирскую кабину от трех подсистем СКВ
Ил-96-400М-F21-1-FM2: Полное отсутствие подачи воздуха в пассажирскую кабину
Ил-96-400М-F21-2: Автоматическое регулирование давления воздуха в гермокабине

Формальный опрос специалистов по оценке ФО

Определение категории отказа

Вид отказа: Отсутствие подачи воздуха в гермокабину от двух систем СКВ

MSI: 021 :: Система кондиционирования воздуха

Функция: Ил-96-400М-F21-0::Кондиционирование воздуха в гермокабине

1. Можно ли отнести ФО в момент его возникновения к числу явных для экипажа ВС при выполнении обычных обязанностей?

2. Имеют ли ФО или вызванное им вторичное повреждение какое-либо негативное влияние на безопасность полётов?

3. Имеет ли комбинация скрытого ФО и одного дополнительного отказа связанной с ним или резервной системы негативное влияние на безопасность полётов?

4. Имеет ли ФО прямое негативное влияние на возможность планового завершения полёта?

Примечания:

FEC 7 (EE): явный отказ, влияющий на безопасность полёта.

Подробные обоснования экспертных оценок

Специальный режим работы системы для анализа ФО и их категоризации

Стадия 3. Определение задач технического обслуживания.

Анализ причин ФО – обоснование выбора работы по ТО

Анализируемые причины отказы функций – отказы СЧ

Результаты оценки эксперта – обоснование выбора работы

Разработка программы планового ТОиР

Структура

- Типы ВС
- Ил-96-400М:Самолет
 - 021: Система кондиционирования воздуха
 - Ил-96-400М-F21-0: Кондиционирование воздуха в гермокабине экипажа
 - Ил-96-400М-F21-0-FM1: Отсутствие подачи воздуха в гермокабину от трех подсистем СКВ
 - A1.A2: Самопроизвольное уменьшение заданного значения давления: 5874 ВТ :: Задатчик аб
 - A346-A349: Разрушение, заклинивание: 6671 :: Турбохолодильник 6671
 - A357: Обрыв обмотки или незамыкание контакта: РЭС-52 :: Реле РЭС-52
 - A404: Заклинивание: 6739 :: Заслонка 6739

Ил-96-400М-F21-0-FM3: Отсутствие подачи воздуха в гермокабину от двух систем СКВ

- A1.A2: Самопроизвольное уменьшение заданного значения давления: 5874 ВТ :: Задатчик аб
- A346-A349: Разрушение, заклинивание: 6671 :: Турбохолодильник 6671
- A357: Обрыв обмотки или незамыкание контакта: РЭС-52 :: Реле РЭС-52
- A19.A20: Самопроизвольная выдача сигнала на откр. 3-х кл.: 6645-01(02) :: Регулятор 6645-01(02)
- A404: Заклинивание: 6739 :: Заслонка 6739
- A410: Разгерметизация: 6719 :: Теплообменник 6719
- A7.A12: Самопроизвольная выдача сигнала на откр. клапана: 6645-01(02) :: Регулятор 6645-01(02)
- A88_копия: Невозможность открытия: 3162 :: Обратный клапан 3162

Ил-96-400М-F21-0-FM4: Отсутствие подачи воздуха в гермокабину от одной системы СКВ

- A410: Разгерметизация: 6719 :: Теплообменник 6719
- A161-A164: Обрыв обмотки: ТКЕ22П1ГБ
- A77-A80: Обрыв чувствительного элемента(сигн. о макс. т-ре): П-109М1 :: Датчик температуры
- A83-A87: Невозможность закрытия: 5868А :: Клапан герметизации 5868А
- A346-A349: Разрушение, заклинивание: 6671 :: Турбохолодильник 6671

Объектов в таблице: 229

Выбор работ

А. Являются ли работы приемлемыми и эффективными?

В. Являются ли работы приемлемыми и эффективными?

С. Являются ли осмотр или контроль исправности для выявления ухудшения функционирования приемлемыми и эффективными?

Д. Являются ли плановые восстановительные работы для снижения частоты отказов приемлемыми и эффективными?

Е. Является ли плановое списание для предупреждения или снижения частоты отказов приемлемым и эффективным?

Ф. Являются ли работа или комбинация работ приемлемыми и эффективными?

Рекомендуемые работы:
IN/FC - Осмотр/проверка исправности

Связанные работы:

Вид работы	Наименование	Обозначение MRBR
IN/FC :: Осмотр / конт...	Визуальный осмотр	6671-01

Сохранить

Выбрать работы

Специальный режим работы системы для анализа причин отказов

Итоговый перечень работ по ТО предупреждающих появление выбранного отказа СЧ

Стадия 3. Определение задач технического обслуживания.

Анализ причин ФО. Исходные данные



- **Результаты экспертной оценки:**
 - Обоснованные сведения о приемлемых и эффективных работах ТО
 - Сведения об условиях выполнения работ ТО, с учётом интенсивности отказа СЧ и тяжести последствий (по критериям безопасность и влияние на затраты)
 - Обоснования для совершенствования конструкции в случае если никакой вид работ не предупреждает отказ СЧ, а последствия отказа критичны.
- **Эксплуатационная документация на покупные и комплектующие изделия:**
 - Допустимые работы по техническому обслуживанию
 - Сведения о технологии диагностики\индикации отказов СЧ

Стадия 4. Гармонизация перечня задач планового ТО

Фильтр - Проверка работоспособности – 500 л.ч.

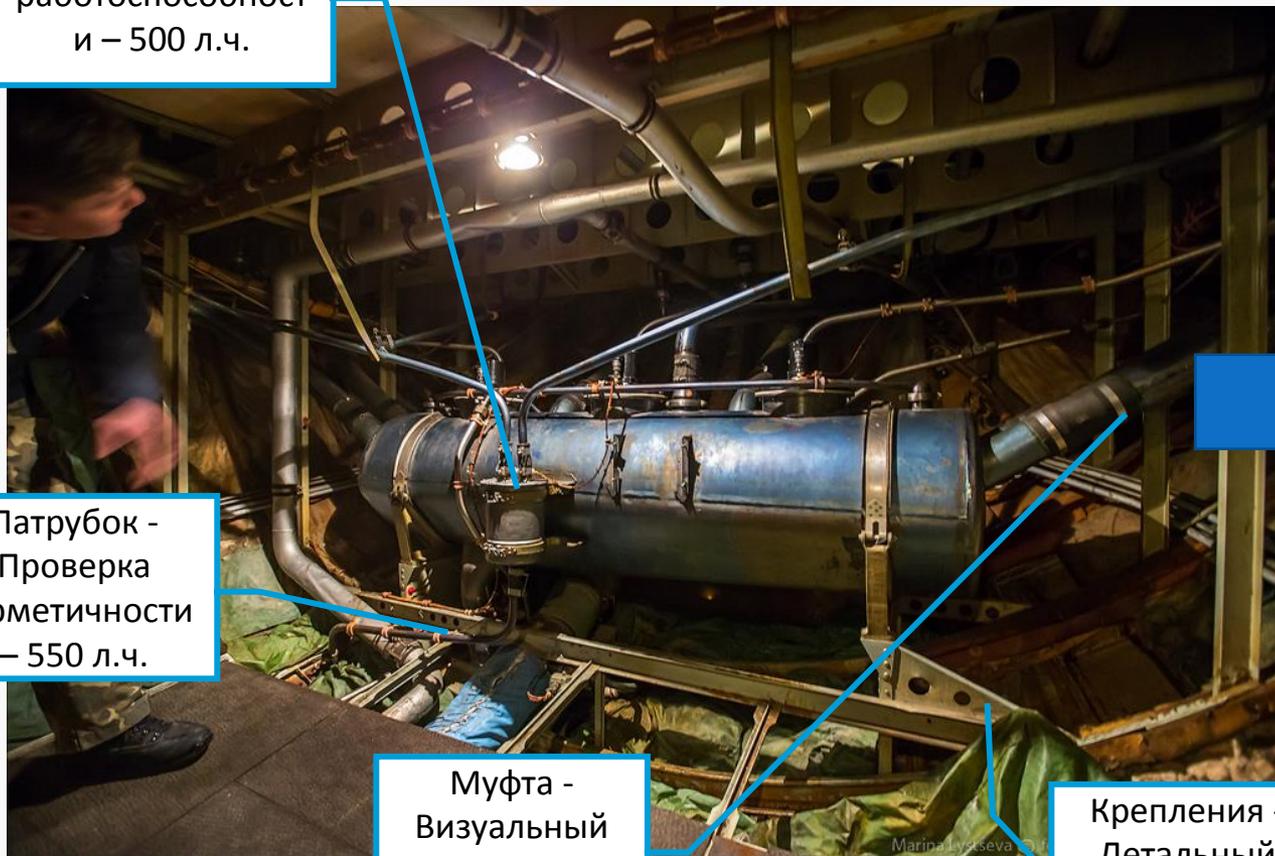
Патрубок - Проверка герметичности – 550 л.ч.

Муфта - Визуальный осмотр 520 л.ч.

Крепления - Детальный осмотр 420 (+50) л.ч.

**РЕГЛАМЕНТ ТО.
ПЕРИОДИЧЕСКИЕ РАБОТЫ – 500 л.ч**

1. Проверка работоспособности Блока ИЦС-157
2. Осмотр и комплексная проверка агрегатов системы в отсеке ВСУ
3. Детальный осмотр рамы и блоков системы «Комфорт-Д»



Результаты формирования перечня работ планового ТО

(на примере Системы кондиционирования воздуха)

- Функциональных отказов - 26
- Отказов компонентов – 146
- Работ предотвращающих и выявляющих отказы - 65

В результате последующей «гармонизации» выявлено:

Обязательные работы !
(влиют на лётную годность)

Рекомендованные разработчиком ВС

Работ выявляющих и предотвращающих отказы приводящие сложной ситуации (СС)	9
Работ выявляющих и предотвращающих отказы без последствий (БП)	3
Работ выявляющих и предотвращающих приводящие к усложнение условий полёта (УУП)	3



РО
Самолёта
Ил-96-400М

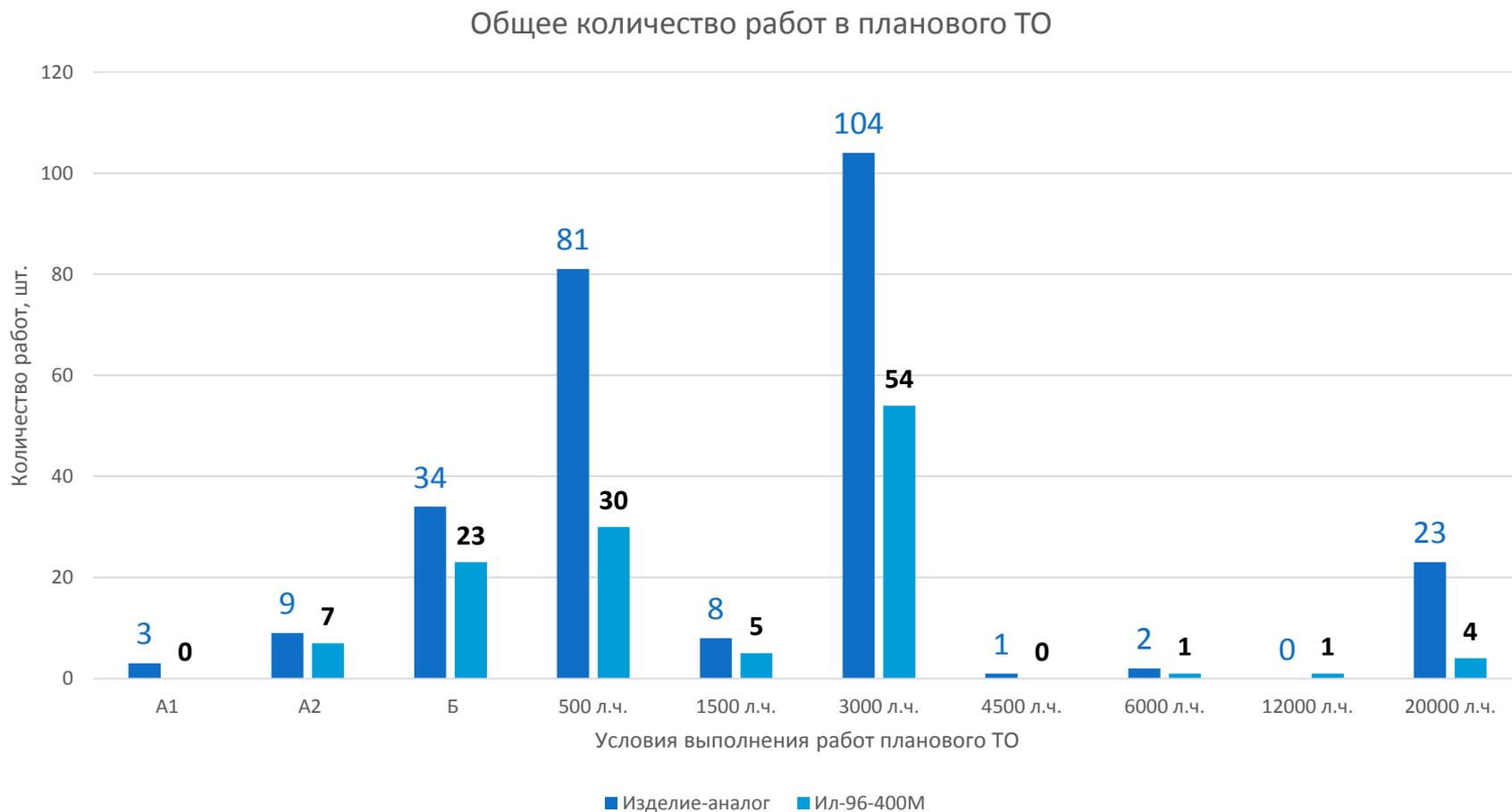
ИПТО
(MDP)
Самолёта
Ил-96-400М

В результате сравнения общего количества работ по системе с работами в РО Ил-96-400Т выявлено:

Вид работ	Работы в РО ФИ – аналога	Работы по результатам анализа
Осмотр, проверка работоспособности (IN/FC)	26	15
Визуальный осмотр (OPC/VCK)	3	0
Восстановление (RST)	2	0
Замена (DIS)	4	0

Распределение работ планового ТО по условиям выполнения

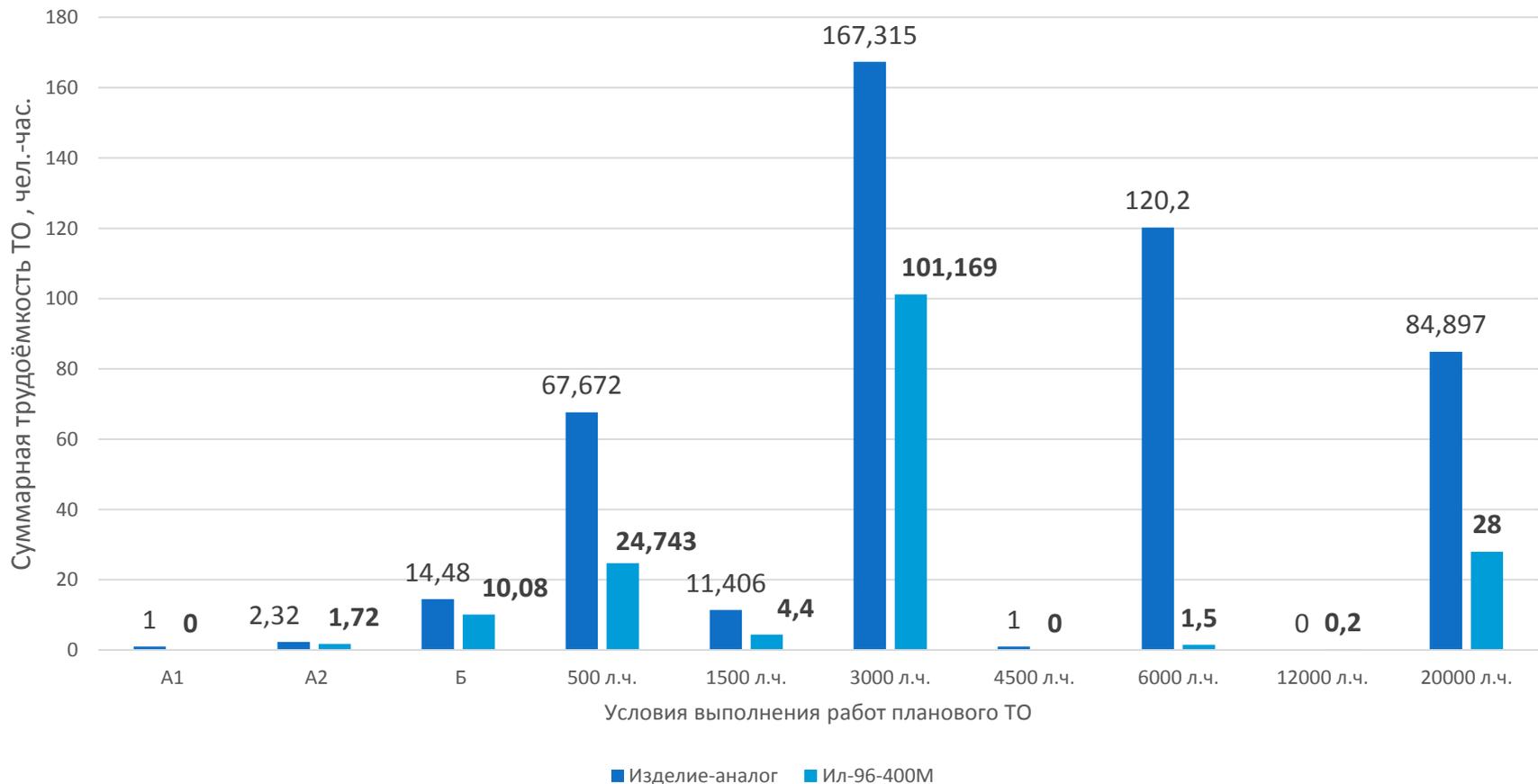
(для отдельных функциональных систем, в сравнении с Ил-96-400Т)



Распределение трудоёмкости работ планового ТО по условиям выполнения

(для отдельных функциональных систем, в сравнении с Ил-96-400Т)

Суммарные трудоёмкости работ по видам ТО



Выводы

- Сравнение **полученного по формальной процедуре перечня задач планового ТО** с существующим регламентом ТО на самолет-аналог (Ил-96-400Т и Ил-96-300) показало возможность снижения количества и объема выполняемых работ на **5-30%** (в зависимости от системы ВС)
- Сформирована **база данных АЛП** в части описания логической структуры изделия, структуры функций, сведений АФО, результатов АВПО, результатов формальной процедуры MSG-3\RCM – перечня задач планового ТО. Полученная БД позволяет значительно ускорить подготовку данных для этапа разработки эксплуатационной документации для Ил-96-400М в части подготовки и обоснования РЭ, РО\ИПТО и производных документов для эксплуатантов (программ обслуживания, минимальных перечней оборудования и пр.)
- Использование исходные данные в части **результатов АФО** позволили сократить время формирования БД АЛП, уточнить и формализовать сведения о функциональных отказах, подготовить значительную часть обоснования при выборе приемлемых и эффективных видах ТО.



НИЦ «Прикладная Логистика»

Москва, 5-й Донской проезд, 15

+7 (495) 955-51-37

<http://www.cals.ru>

galin@cals.ru