



ЭКСПОНЕНТА
ЦЕНТР ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
И МОДЕЛИРОВАНИЯ

**VII ВСЕРОССИЙСКАЯ
КОНФЕРЕНЦИЯ**

«Разработка и настройка алгоритмов САУ самолетов транспортной категории»



В составе
ОАК

Сергей Алексеев
Главный специалист
НИО Аэродинамики
Филиал ПАО «Корпорация ИРКУТ
РЕГИОНАЛЬНЫЕ САМОЛЕТЫ

Филиал ПАО Корпорации ИРКУТ «РЕГИОНАЛЬНЫЕ САМОЛЕТЫ»

- Компания АО «Гражданские самолеты Сухого» основана в 2000 году с целью создания и продвижения новых моделей гражданских самолетов
- В 2020 году реорганизована в форме присоединения к Корпорации ИРКУТ с целью создания дивизиона гражданской авиации
- Основные направления деятельности: разработка, производство, продажи и техническое обслуживание самолета SSJ 100



Концепция комплексной системы управления

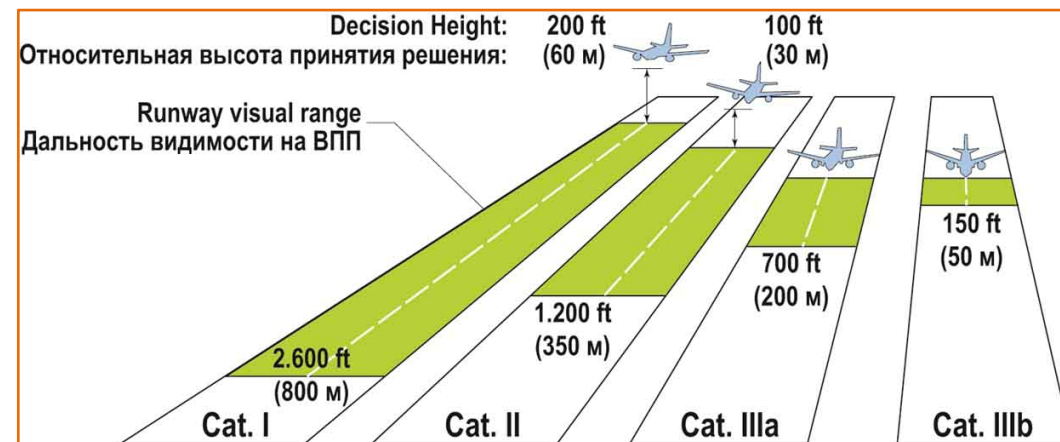
- Преимущества комплексной системы управления.



- Расширение функционала САУ в части разработки алгоритмов автоматической посадки по CAT IIIB

Разработка алгоритмов САУ

- Разработка основных законов управления САУ AP, AT, FD (ALT, VS/FPA, TO, GA, HDG/TRK, CLB, DES и т.д.)
- Разработка алгоритмов обработки сигналов пульта FCP
- Расширение функционала САУ:
 - Автоматическая посадка по CAT IIIB
 - Экономичный крейсерский режим



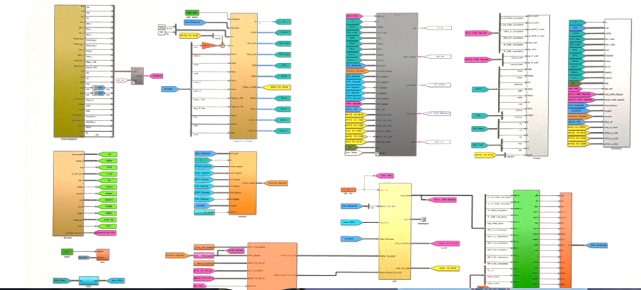
Сложности проекта

- Унификация разрабатываемых алгоритмов САУ с учетом объединения алгоритмов ручного и автоматического управления в составе единого ПО для вычислителей верхнего уровня КСУ
- Валидация и верификация разработанных моделей САУ в соответствии с требованиями КТ-178С (DO-178С) с учетом дополнения Р-331 (DO-331) в ограниченные временные сроки
- Отработка разработанных алгоритмов САУ с использованием пульта управления автоматическим полетом FCP в составе пилотажных стендов
- Разработка моделей аэродромных средств (КРМ, ГРМ) и средств приема сигналов для обеспечения тестирования алгоритмов автоматической посадки



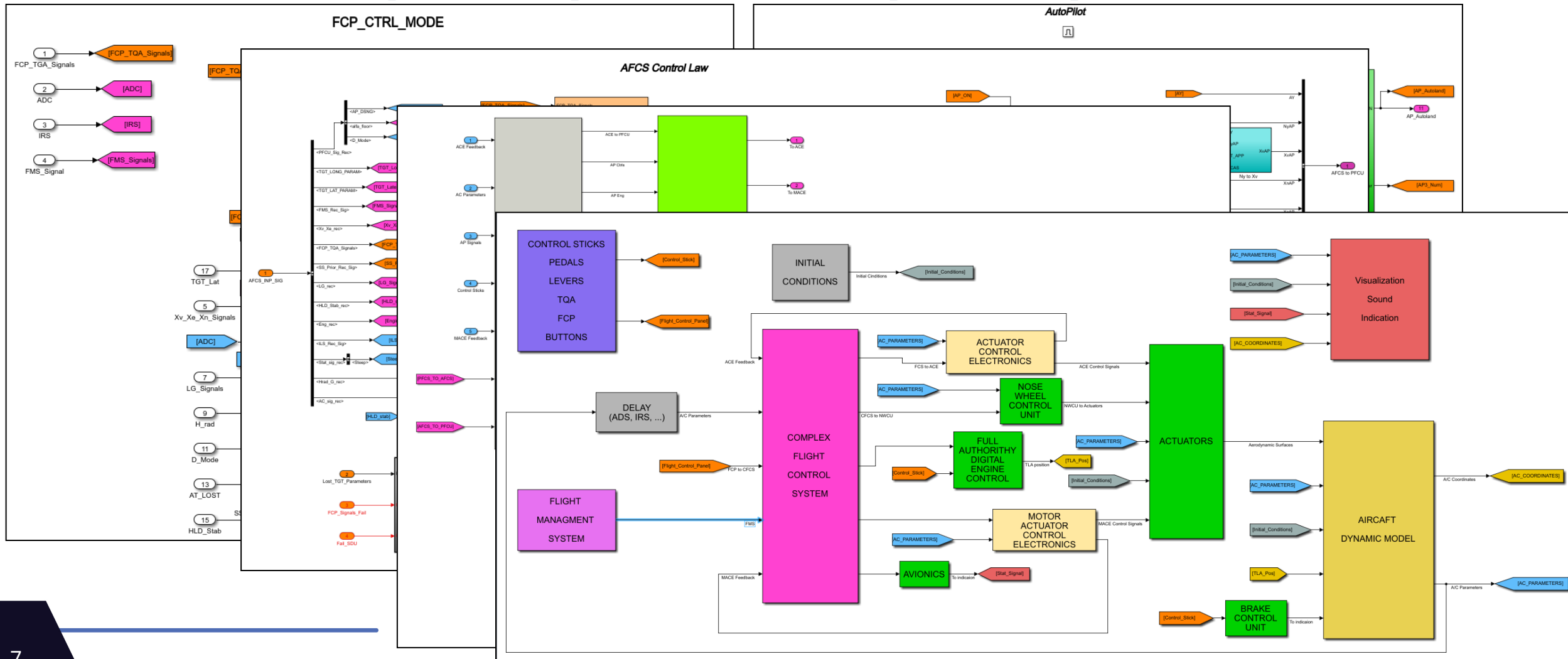
Выбор решения

- Накоплен большой опыт по использованию инструментов компании MathWorks для создания моделей движения самолета, систем управления самолетом.
- Пилотажный стенд SSJ 100 построен с использованием моделей MATLAB/Simulink, что значительно упрощает и ускоряет процессы отработки алгоритмов систем управления.
- Возможности валидации и верификации алгоритмов САУ на уровне моделей и относительное упрощение дальнейших процессов создания бортового ПО.

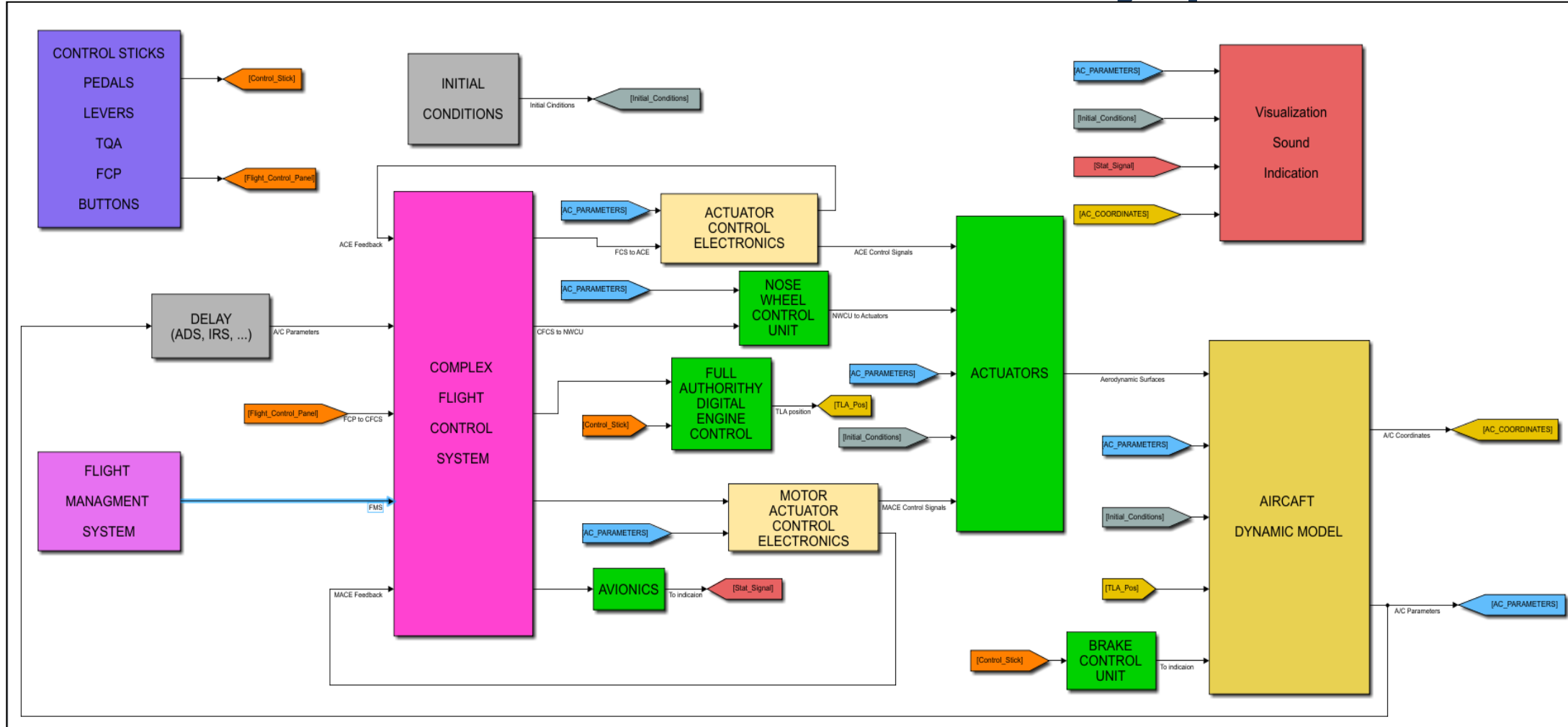


Requirements Editor			
File Edit Display Analysis Report Help			
View: Links			
Label	Source	Destination	
#1: crl_req_alarm	Changed source: 3/12	Changed destination: 4/12	
#7: Enable Switch Detection	Enabling cruise control	#9: Enable Switch Detection	
#7: Cancel Switch Detection	Disabling cruise control	#7: Cancel Switch Detection	
#8: Set Switch Detection	Activating cruise control	#8: Set Switch Detection	
#8: Set Switch Detection	Disabling cruise control	#8: Set Switch Detection	
#11: Increment Switch Detection	Target speed increment	#11: Increment Switch Detection	
#15: Decrement Switch Detection	Target speed decrement	#15: Decrement Switch Detection	
#16: Decrement Short Switch D.	Target speed decrement	#16: Decrement Short Switch Detection	
#12: Increment Short Switch D.	Target speed increment	#12: Increment Short Switch Detection	
#13: Increment Long Switch Detection	Successive Target Speed Increment	#13: Increment Long Switch Detection	
#14: Intermediate state	Successive Target Speed Increment	#14: Intermediate state	
#17: Decrement Long Switch D.	Successive Target Speed Decrement	#17: Decrement Long Switch Detection	
#18: Intermediate state	Successive Target Speed Decrement	#18: Intermediate state	
#19: Overhaul/repair, 7010 alarm	Changed source: 0/6	Changed destination: 4/6	
#19: controller_alarm	Changed source: 0/6	Changed destination: 6/6	
#19: pilot_alarm	Changed source: 0/6	Changed destination: 0/6	
#19: controller_alarm	Changed source: 0/7	Changed destination: 7/7	

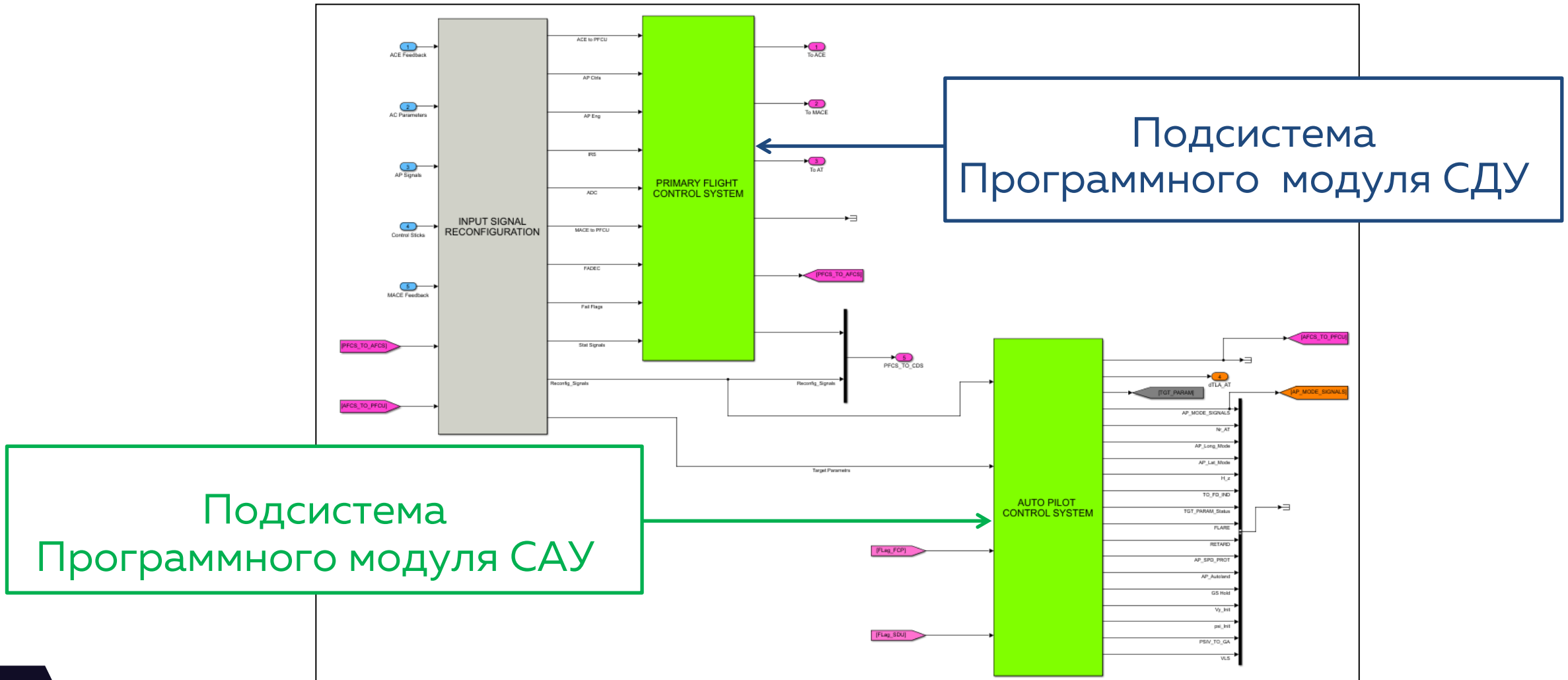
Практические шаги по применению технологий модельно-ориентированного проектирования



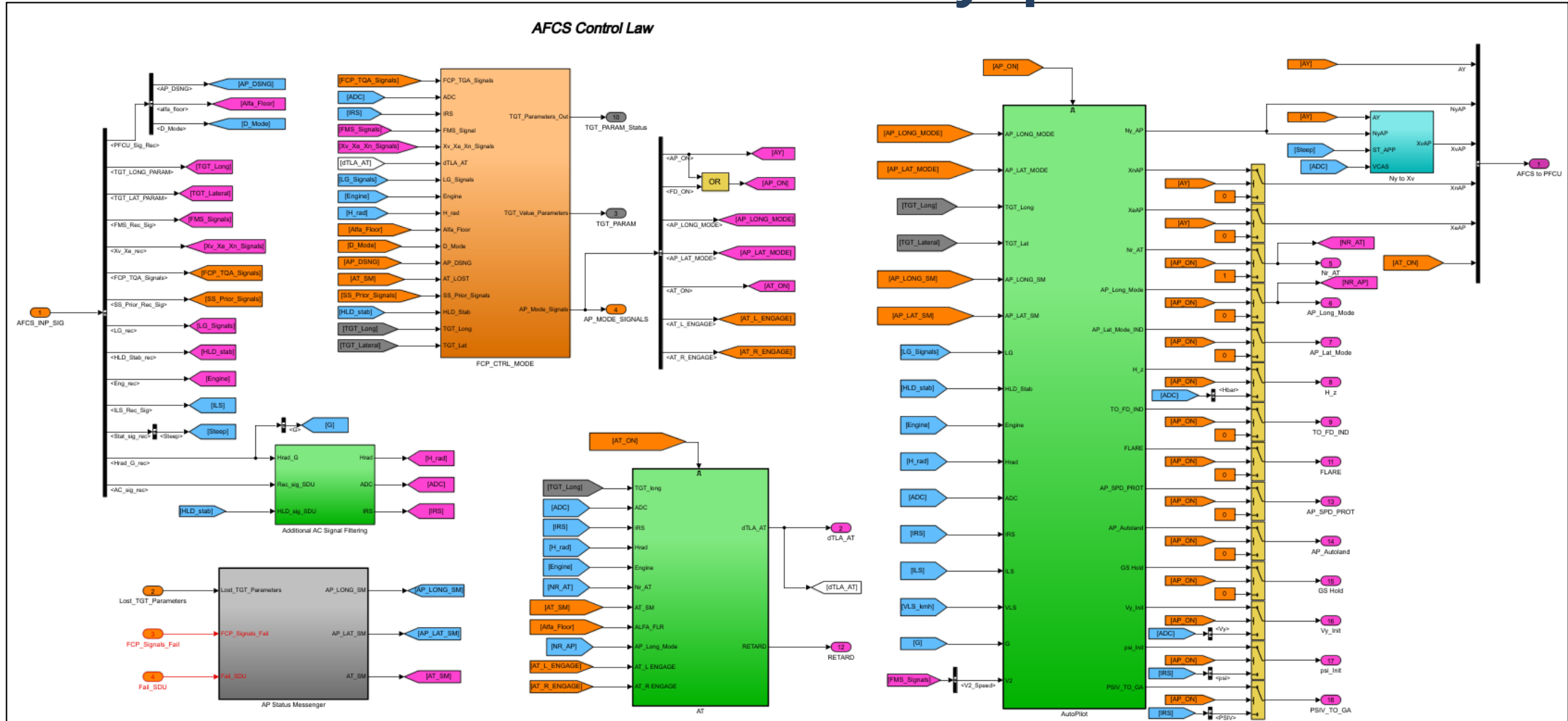
Полная модель самолета с системой управления



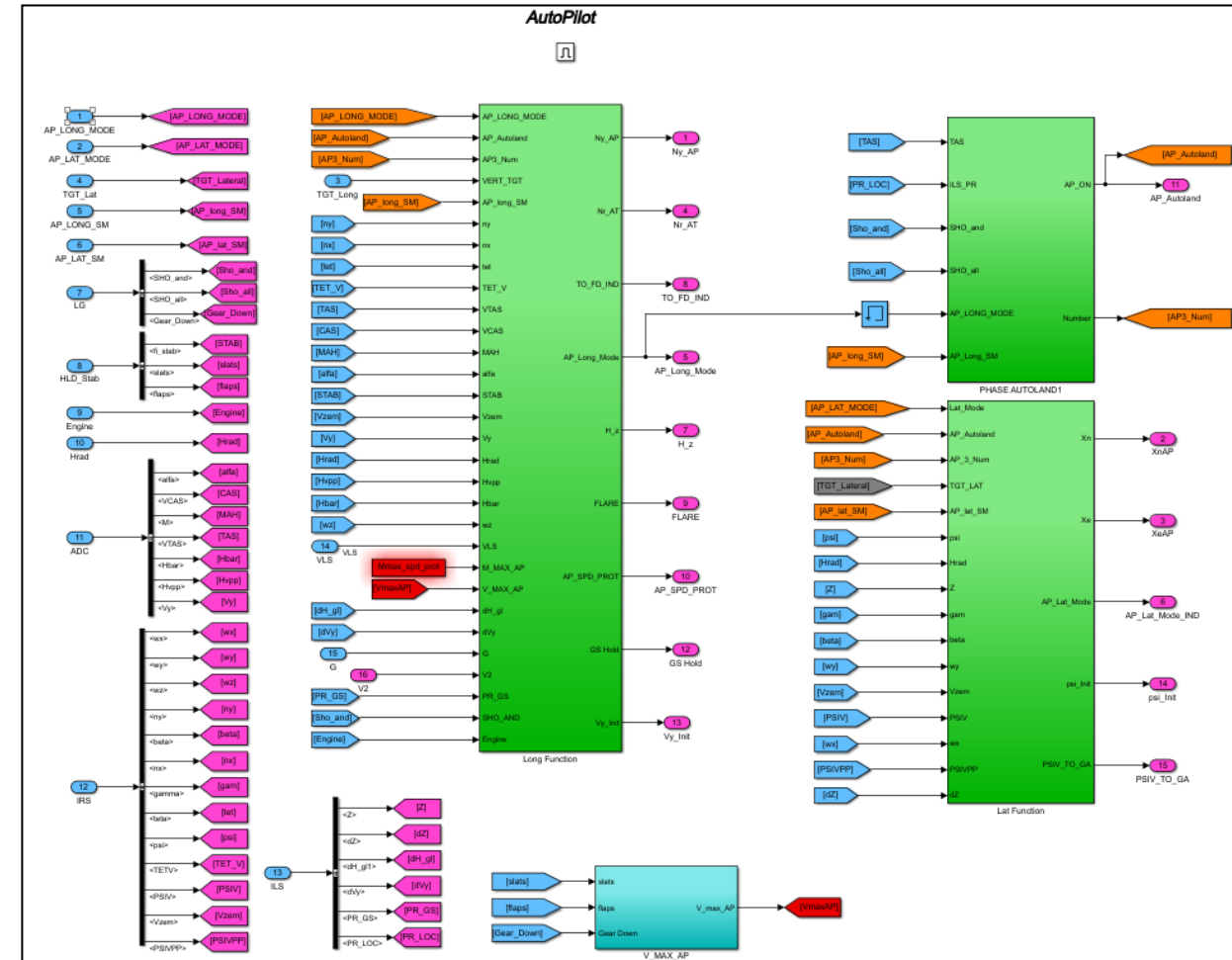
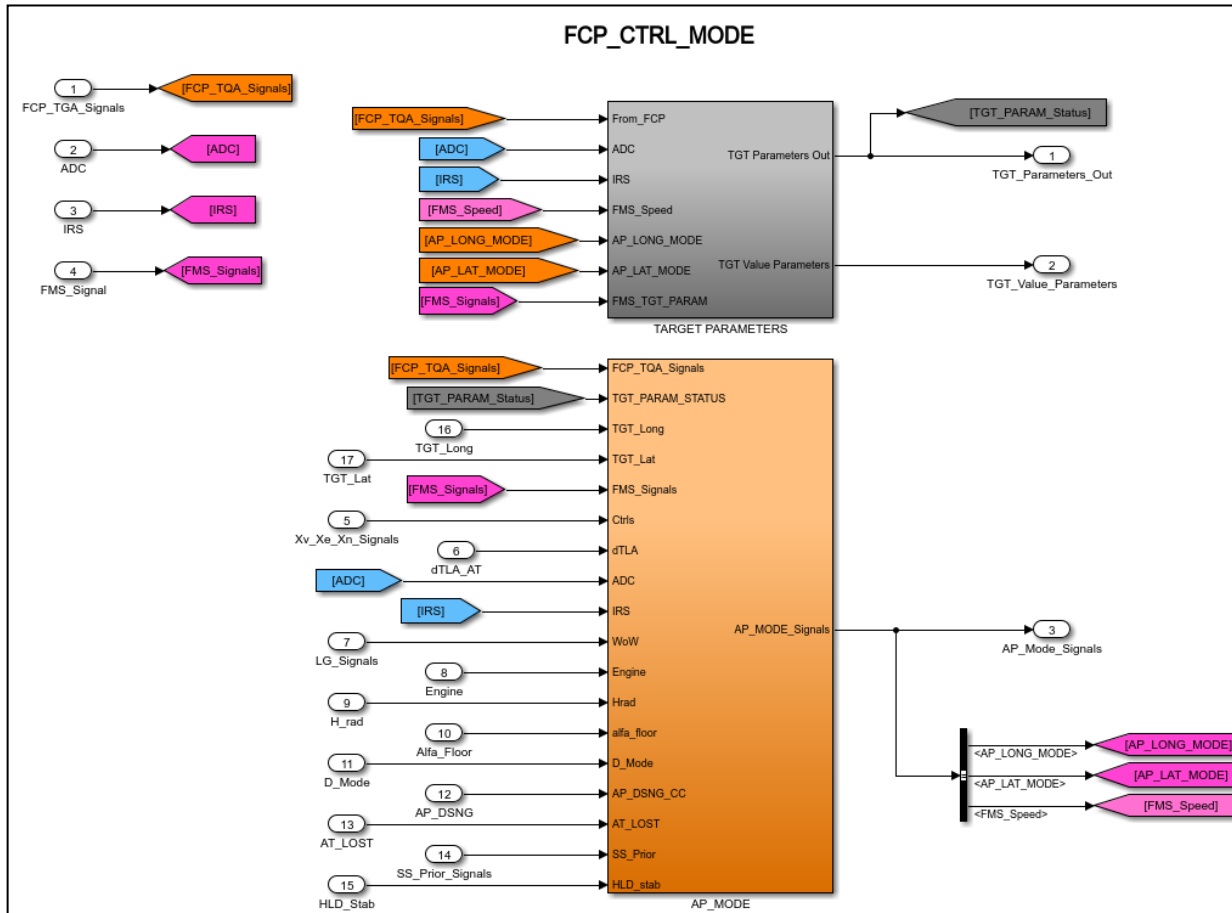
Блок комплексной системы управления



Блок САУ комплексной системы управления



Блоки обработки команд FCP и алгоритмов САУ



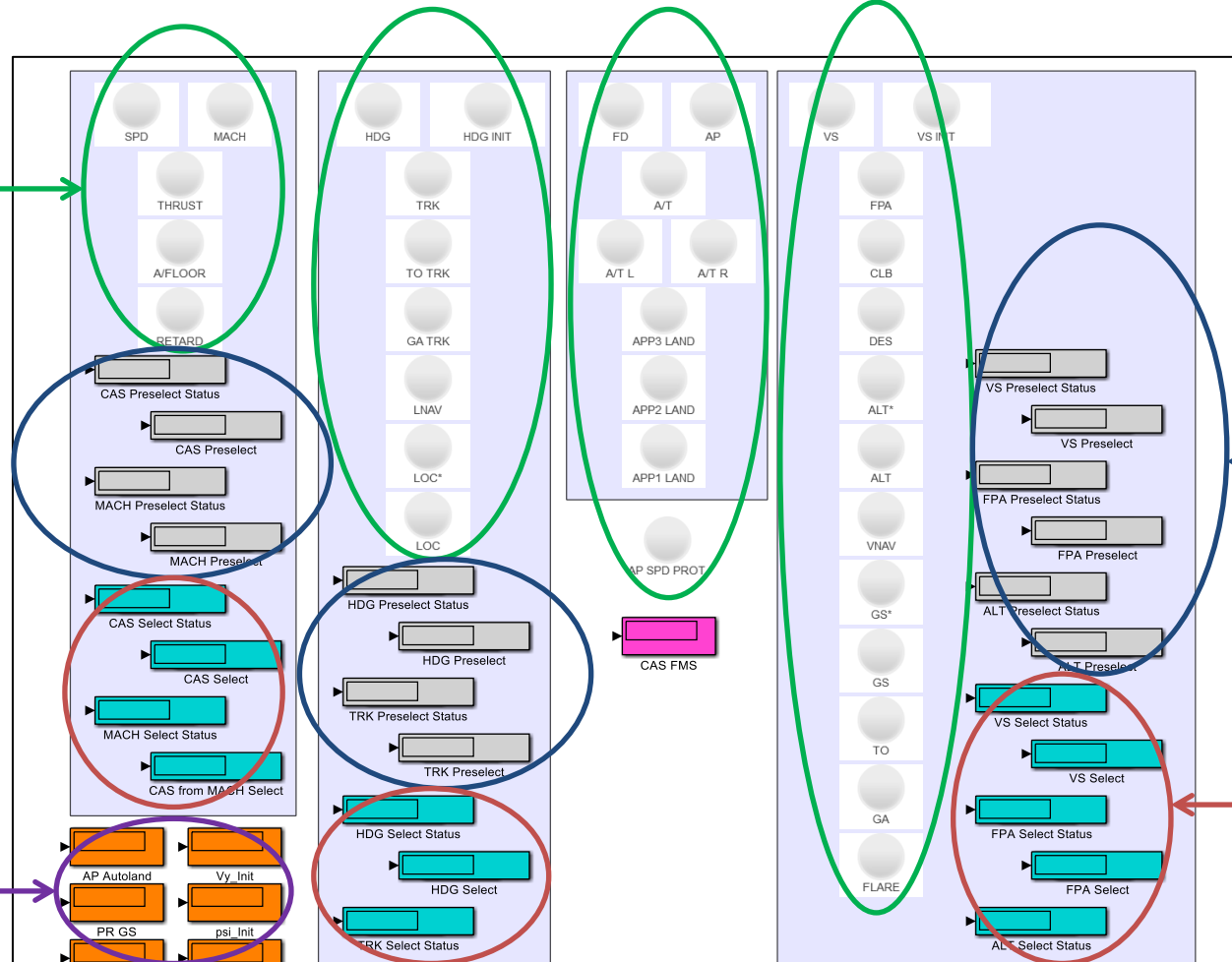
Блок отладки разработанных алгоритмов и логики

Индикация
статуса
работы
режимов

Предустановленные
значения

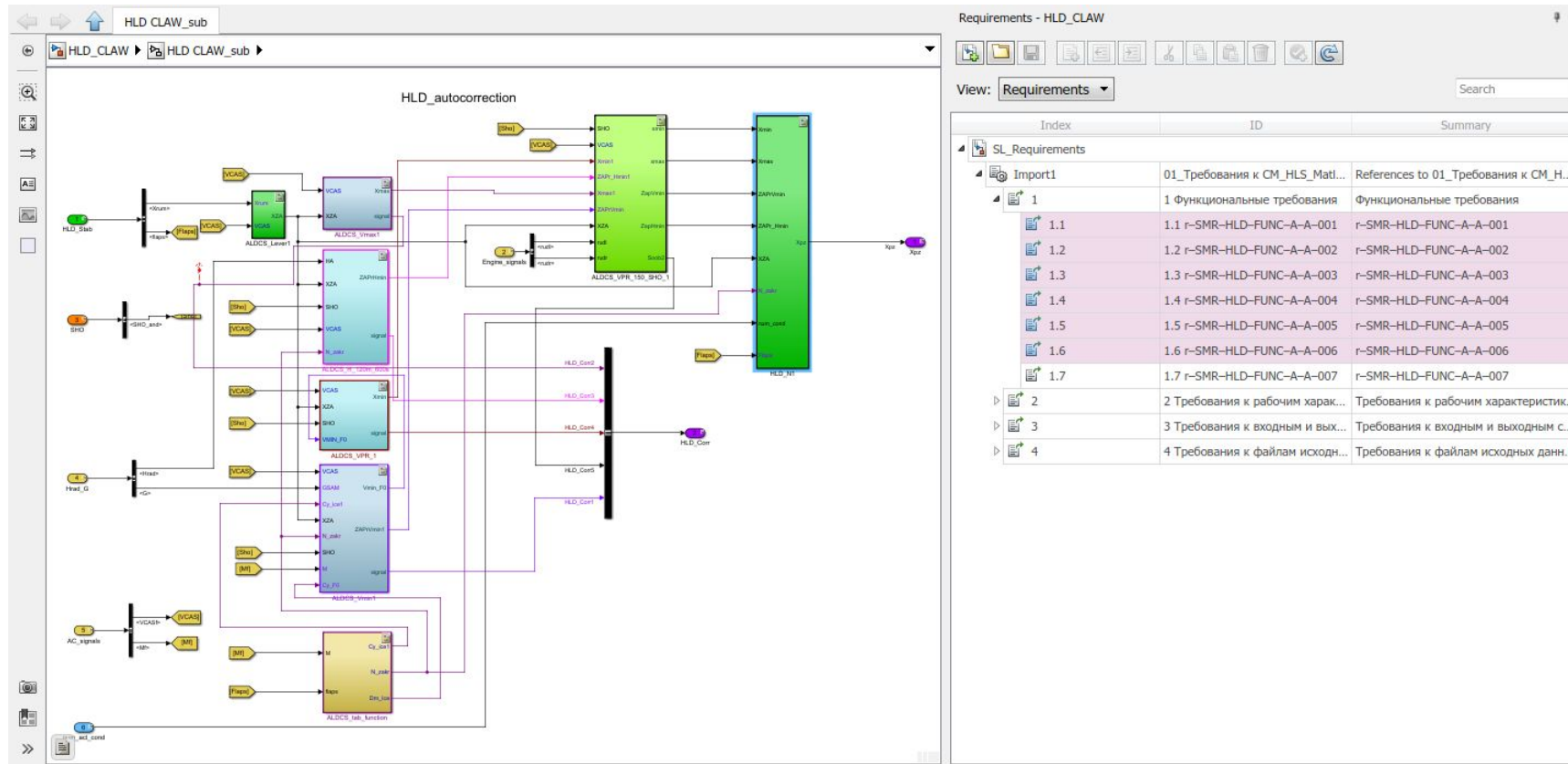
Параметры
движения

Заданные значения



Валидация и Верификация

- Организация связи элементов модели с требованиями

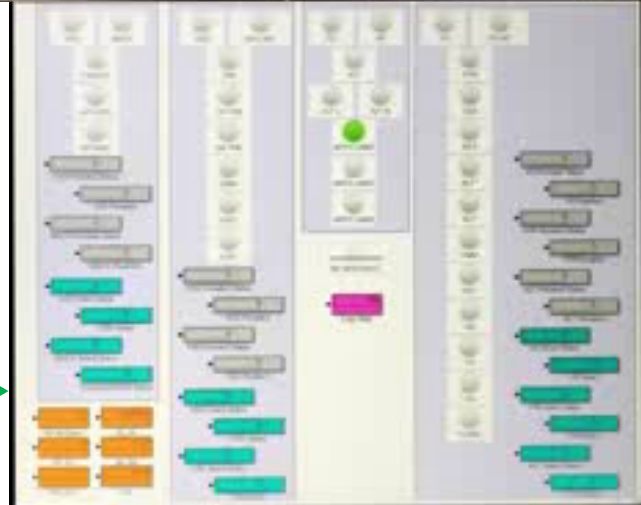


Тестирование алгоритмов



Пульт FCP в составе
пилотажного стенда

Тестовая индикация
средствами
MATLAB/Simulink



Прототип
индикации
пилотажного
кадра



Результаты применения

- Разработаны и валидированы модели алгоритмов САУ и логики взаимодействия с пультом FCP в среде MATLAB/Simulink
- Разработан пакет документов для спецификационных моделей в рамках процесса создания бортового ПО и ЖЦ ПО
- Проведено тестирование и отладка разработанных алгоритмов с летчиками испытателями на пилотажном стенде ПС-ГСС
- Независимой организацией (ЦАГИ) проводится верификация разработанных алгоритмов САУ (в том числе с участием летчиков и на пилотажном стенде с подвижностью ПСПК-102)

Рекомендации коллегам

- Модельно ориентированный подход на базе MATLAB/Simulink при разработке функционального ПО в соответствии с DO-178C сокращает сроки разработки и упрощает взаимодействие с поставщиками – разработчиками вычислительной части
- Использование ранее разработанных моделей в старых версиях MATLAB (Проблема успешно решается в полуавтоматическом режиме с использованием Upgrade Advisor)
- Использование MATLAB/StateFlow для разработки логики переключения режимов САУ и взаимодействия с пультом FCP

Следующие шаги

- Передача разработанных моделей как требований верхнего уровня поставщикам для создания целевого ПО бортовых вычислителей КСУ
- Сопровождение процессов разработки и ЖЦ ПО с использованием спецификационных моделей законов управления КСУ в соответствии с КТ-178 и Р-331