

# Нормативный базис использования ЭКД и КМ при проектировании технологически сложных изделий

О

*Международный технологический форум «Инновации. Технологии. Производство.»*

*Секция «Технологии создания цифровых двойников ГТД  
на основных этапах жизненного цикла»*



Заместитель генерального директора  
К.А. Костромин

20.04.2023  
Рыбинск



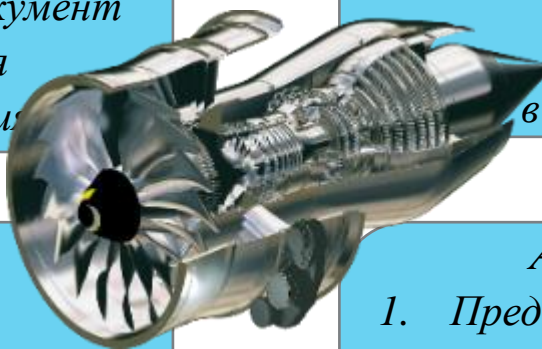
## Предмет и аспект нормативного регулирования

### **Предмет стандартизации:**

Электронный конструкторский документ  
(по ГОСТ 2.001), электронная  
конструкторская документация

### **Предмет стандартизации:**

Компьютерная модель  
(по ГОСТ 57412),  
в т.ч. Комплексная (КМ и ККМ)



### **Аспект стандартизации:**

1. Представление изделия в виде ЭКД
  - Виды ЭКД
  - Содержательная и реквизитная часть ЭКД
  - Представление ЭКД в АС УДИ
2. Управление ЭКД
3. Процедуры обмена ЭКД между предприятиями в разных АС УДИ

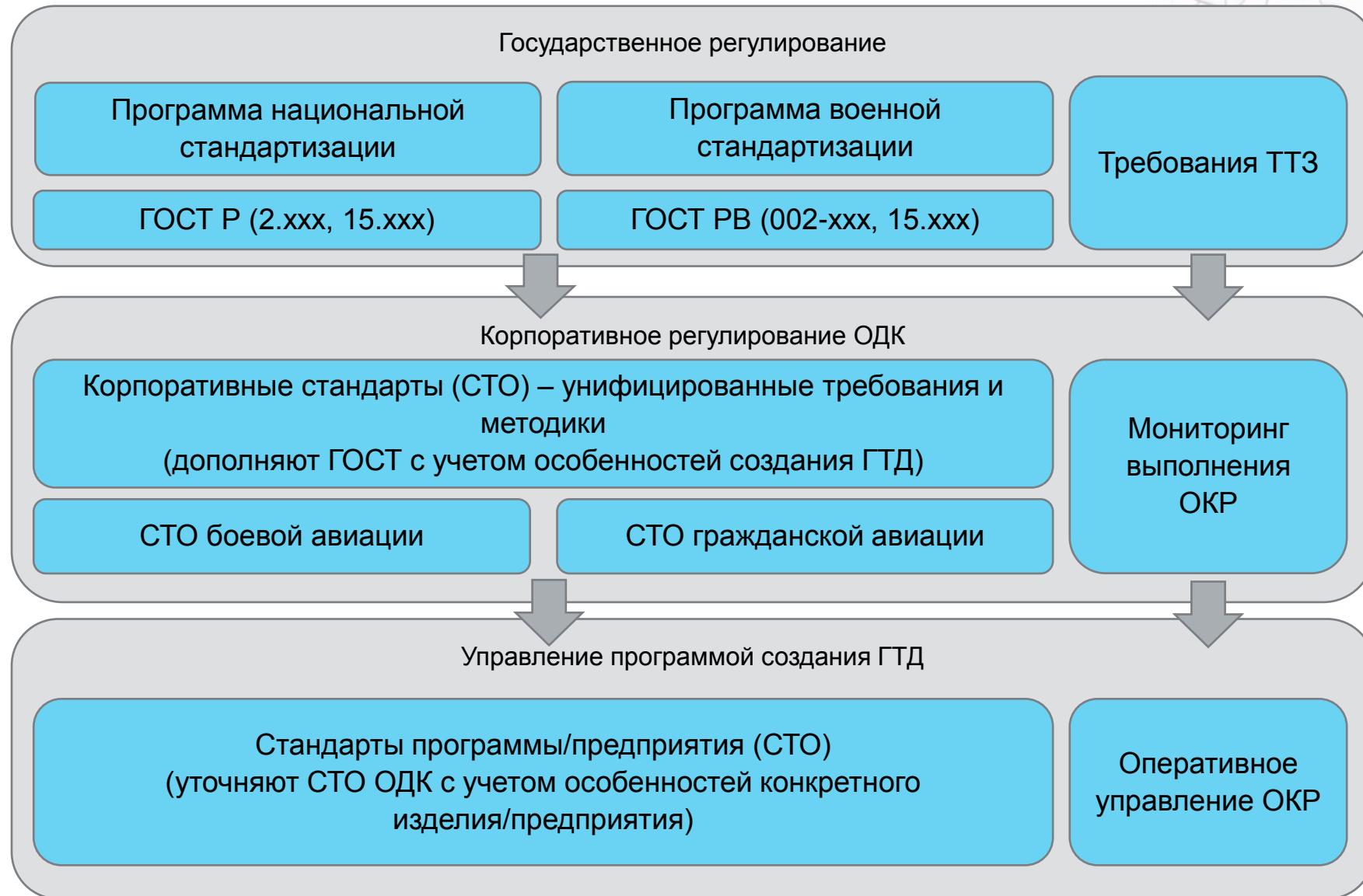
### **Аспект стандартизации:**

1. Представление изделия в виде КМ, в т.ч. в виде ККМ, некоторые из которых называют ЦДИ
2. Среда компьютерного моделирования
3. Управление расчетными данными
4. Процедуры верификации и валидации КМ
5. Применение КМ по назначению.
  - В т.ч. легитимность получаемых результатов и порядок их использования при создании АТ

**Зачем стандартизация?** ЭКД – предмет обмена между участниками создания АТ со времен начала авиации.

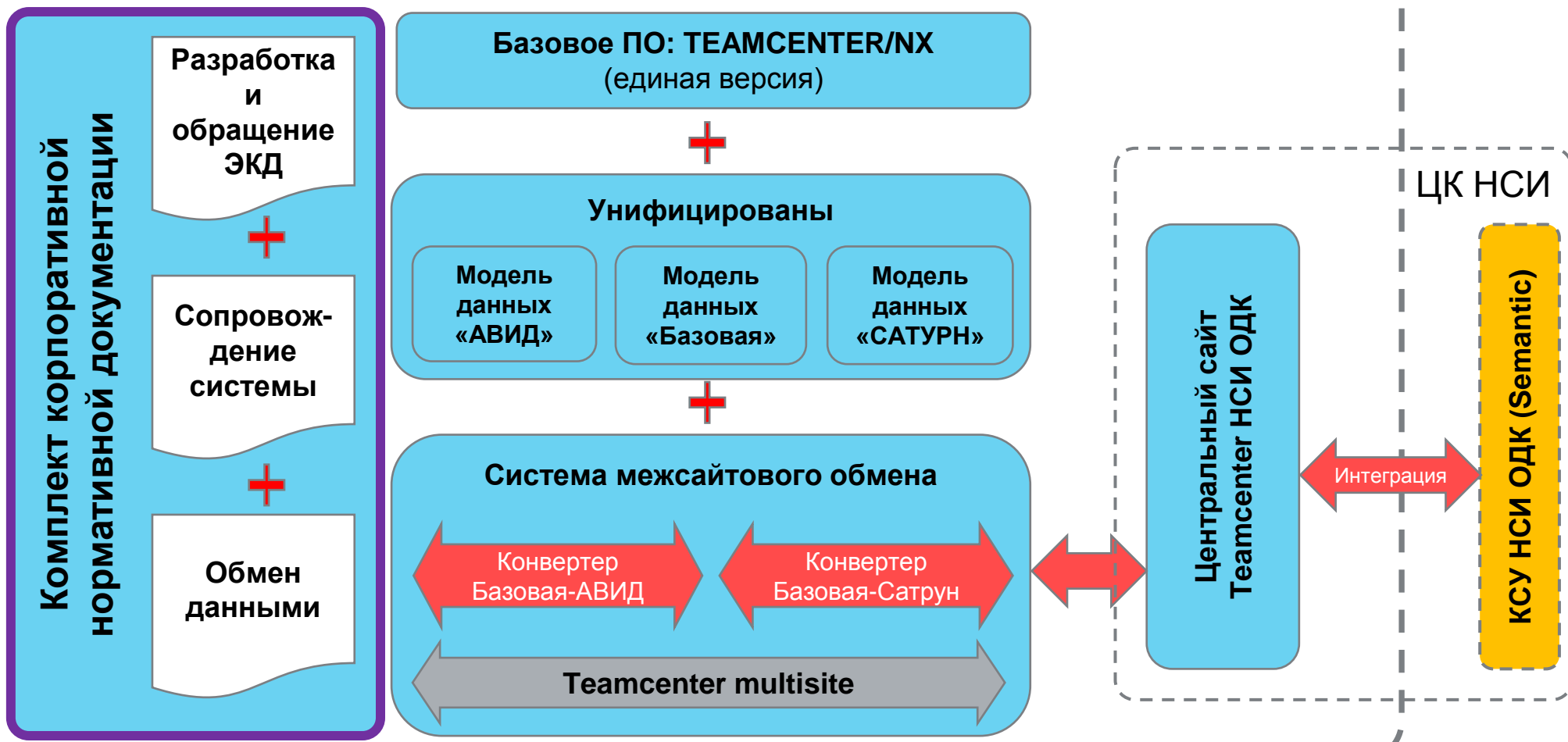
КМ (до последнего времени) – в основном обменивались результатами их применения по назначению. **А теперь?**

## Стандартизация ЭКД в АО «ОДК» (проект М.47 и сопутствующие)

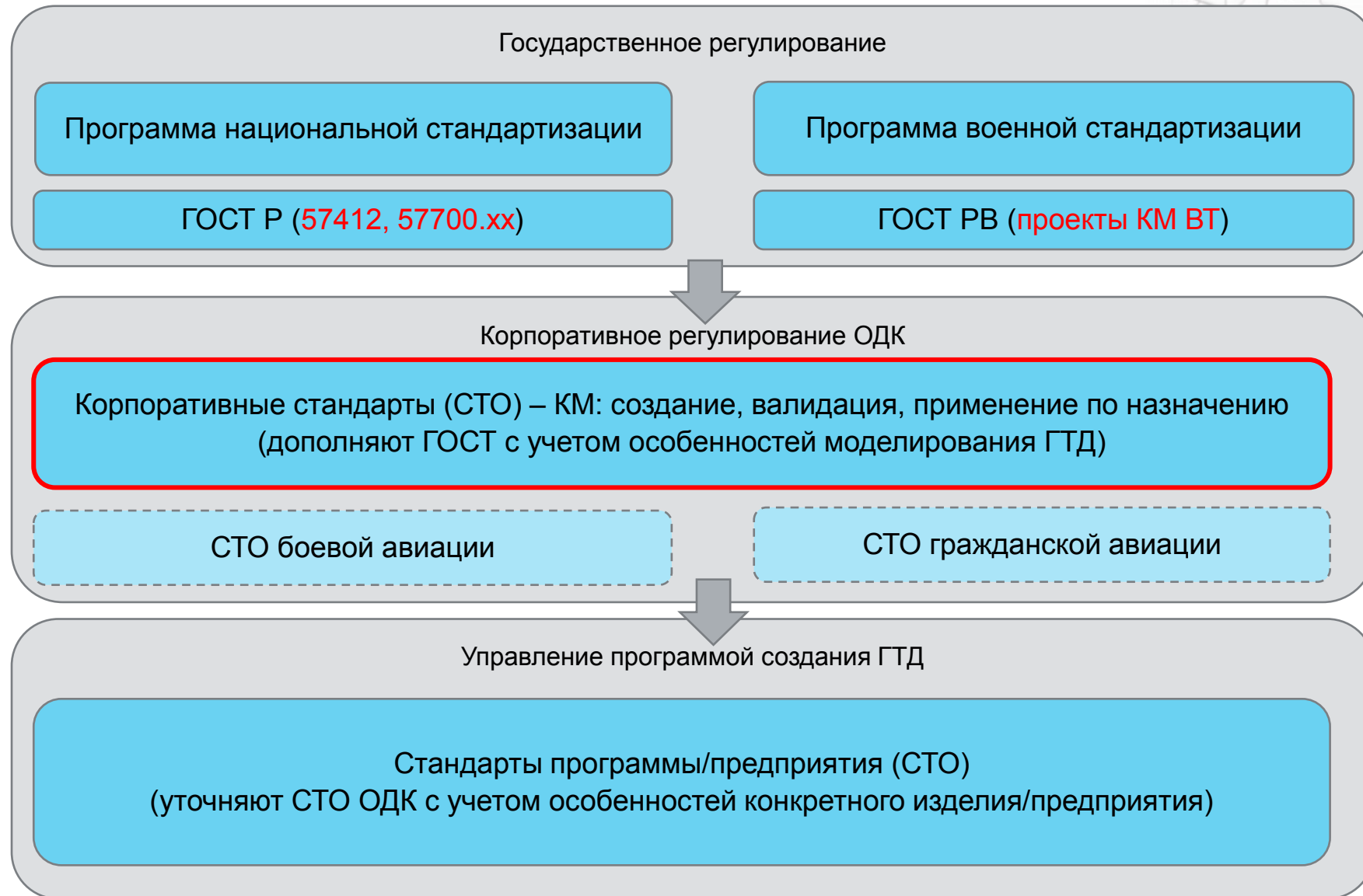


# Стандартизация ЭКД в АО «ОДК» (проект М.47 и сопутствующие)

Система управления разработкой ЭКД (СУР ЭКД) по СТО ОДК 450-2022  
 (создана)



## Стандартизация ККМ в АО «ОДК» (вероятно – тот же сценарий)





## Что такое ККМ (иногда называют ЦДИ). СТО ОДК 480-2022

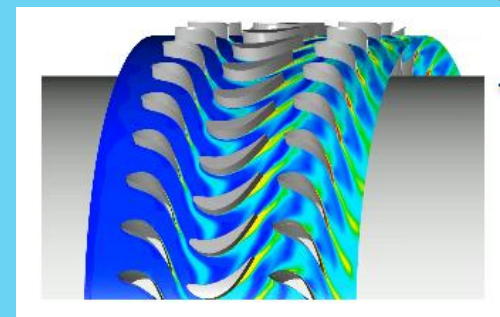
1. ЦДИ (ККМ) - часть конструкторского описания изделия и является **СЧ ОКР**.

В состав ЭКД, разрабатываемой и предъявляемой Заказчику не входит.

2. Объект моделирования – **двигатель**

3. **Основные признаки** того, что перед нами именно ЦДИ, а не просто ККМ:

- а. Имеется информационная среда (система) в которой должны функционировать компьютерные модели – **среда функционирования**
- б. Имеется собственно **набор математических моделей** в этой системе
- в. Имеется **связь по данным** между КМ, формализованная средствами этой ИС
- д. Имеется **система управления требованиями** в некоторой информационной системе. Имеется связь по данным между требованиями и КМ, формализованная средствами информационной системы, а именно – есть возможность показать выполнение того или иного требования расчетным методом. При этом **собственно система управления требованиями в состав ЦД не входит**
- е. Имеется **база данных натуральных экспериментов** и формализованная процедура уточнения ЦД по результатам натуральных экспериментов. При этом, **база натуральных экспериментов в состав ЦД не входит.**

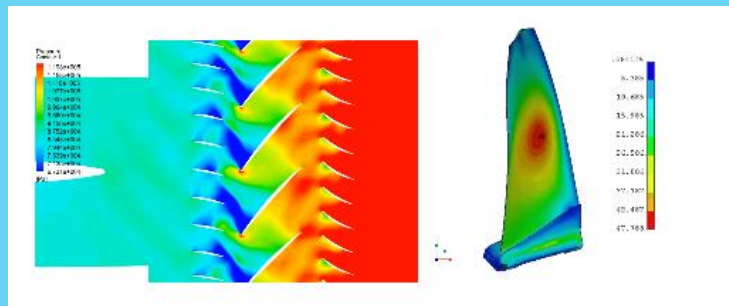






## Принципиальные решения, принятые в отношении ЦДИ

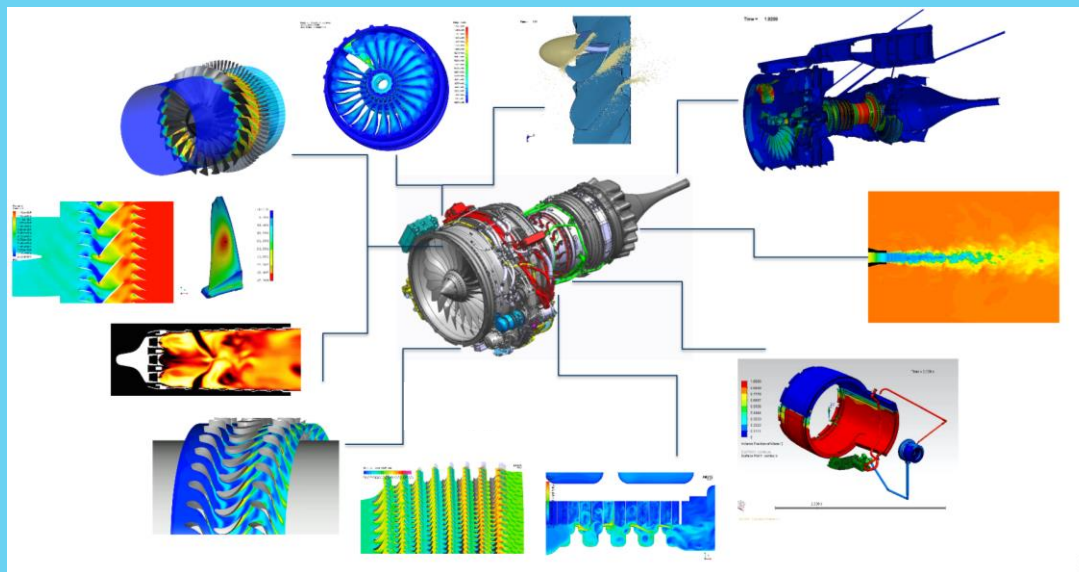
3. По аналогии с ЭКД и системой PDM различают ЦДИ и среду, в которой он функционирует:
  - а. в состав ЦДИ входят компьютерные модели в виде наборов данных информационных систем в различных форматах, содержащие алгоритмы вычислений, сценарии расчетов, имеющие входные и выходные параметры. Логическая связь между этими параметрами установлена средствами информационной системы.
  - б. в состав ЦДИ не входит собственно информационная система управления КМ, а также информационные системы, необходимые для функционирования каждой модели
4. По аналогии со стендами или бортовыми управляющими системами ЦДИ, как составная часть ОКР, предъявляется установленным в информационной системе в виде СЧ программно-аппаратного комплекса (вычислительные мощности + информационная система + ЦДИ).
5. По аналогии со стендами, ЦДИ не только создается на каждом этапе ОКР, но и применяется на том же этапе (и/или на следующем этапе) по назначению. Соответственно подлежит разработке в соответствии с ТЗ и аттестации.





## Принципиальные решения, принятые в отношении ЦДИ

6. В каждый момент времени возможно существование нескольких ЦДИ одного и того же изделия. ЦДИ различают:
- а. По назначению или задачам, ими решаемым (см. гл. 7)
  - б. По субъекту применения (для разработчика ГТД, для разработчика СЧ ГТ, для разработчика основного изделия, для испытателя, для эксплуатанта, для оценки боевого применения). см. гл. 6
  - с. ЦДИ ГТД может выполняться как часть ЦДИ основного изделия или (авиационного) комплекса





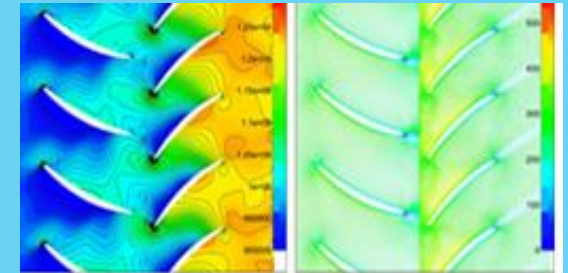


## Принципиальные решения, принятые в отношении ЦДИ

7. **Жизненный цикл ЦДИ не тождественен ЖЦ изделия** и состоит из этапов:

а. Содержательная постановка задачи, включая:

- Определение назначения и области применения ЦДИ
- Определение критериев оценки ЦДИ и его СЧ
- Определение применимых методов и лучших практик
- ...



б. Разработка ЦДИ и его СЧ

- Выбор программных средств для реализации ЦДИ и его СЧ
- Разработка и/или модернизация КМ, входящих в состав ЦДИ
- Комплексирование КМ ЦДИ в единую структуру
- Верификация, валидация КМ и ЦДИ в целом

с. Оценка точности ЦДИ и его СЧ и чувствительности к исходным данным

д. Применение ЦДИ по назначению

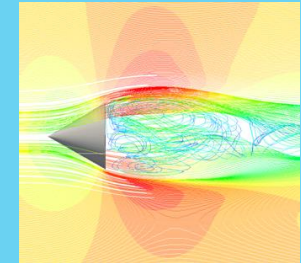
е. Анализ полученных результатов и определение адекватности разработанного ЦДИ

ф. Вывод ЦДИ из эксплуатации



## Что дальше? Задачи дальнейшей стандартизации:

1. Виды КМ, применяемые в ОДК на стадии ОКР (аналог 2.102 «Виды и комплектность»)
2. Минимально достаточный набор КМ в составе ККМ, после которого ее признают ЦДИ
3. Граница трех понятий:
  - а) Компьютерная модель
  - б) Среда моделирования
  - в) Исходные данные
4. Отличие управления расчетными данными от управления моделированием
5. Порядок верификации и валидации, в т.ч. до изготовления первого ОО. *Конечно есть и ГОСТ Р 57700.24 и .25, а также проект ГОСТ РВ «Порядок оценки адекватности», но все же...*
6. Корпоративная база натурных экспериментов (для валидационного базиса)
7. Требования к стендовой базе для измерения необходимых параметров ГТД с заданной точностью
8. Порядок передачи ККМ (ЦДИ) и их последующего сопровождения
9. Требования к среде функционирования ЦДИ, чтобы ККМ можно было вообще передать и принять
10. Основные задачи, для решения которых ЦДИ применяется по назначению на этапах ОКР
11. **Порядок применения ЦДИ (ККМ) по назначению и последующее предъявление результатов Заказчику/Авиационным властям**



## Выводы

1. ККМ (ЦДИ) становится отчуждаемым объектом и требует более глубокой стандартизации.
2. Порядок стандартизации внешне походит на стандартизацию другой формы описания изделия - ЭКД.
3. В дальнейшем предлагается вывести ККМ (ЦДИ) на принципиально новый уровень использования, когда правильность принятия конструкторских решений на каждом этапе жизненного цикла не подтверждается, а гарантируется технологией применения ККМ (ЦДИ), что снижает не только количество необходимых натурных экспериментов, но и объем поверочных расчетов, проводимых на основании разработанной конструкторской документации.
4. Открытый вопрос: **Возможна ли замена формы представления изделия?**  
Если формой описания изделия в конце ЭП или ТП является проектная конструкторская документация, сможем ли мы вместо этого описать изделие в форме ККМ и ее составляющих. Т.е. выполнять **РКД непосредственно на основании ККМ?** Достаточно ли инструментов, можем ли описать все аспекты ГДД с помощью ККМ?

# СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!



ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И РЕШЕНИЯ

INNOVATION TECHNOLOGIES AND SOLUTIONS

Центральный офис  
Россия, 129366, г.Москва  
ул. Ярославская, д.13 а, офис5  
тел./факс +7 (495) 789-49-39  
e-mail: [its@inteso.ru](mailto:its@inteso.ru)