

# **1D-МОДЕЛИРОВАНИЕ КАК ИНСТРУМЕНТ СИНТЕЗА ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ И УПРАВЛЕНИЯ ТРЕБОВАНИЯМИ**

# ОБЛАСТЬ СИСТЕМНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ПРОЦЕССЕ РАЗРАБОТКИ ПРОДУКТА

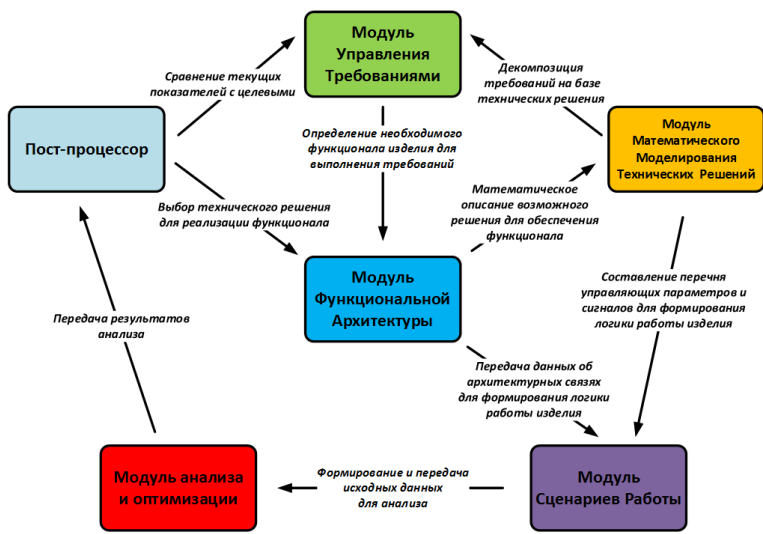


## Применимость системного моделирования:

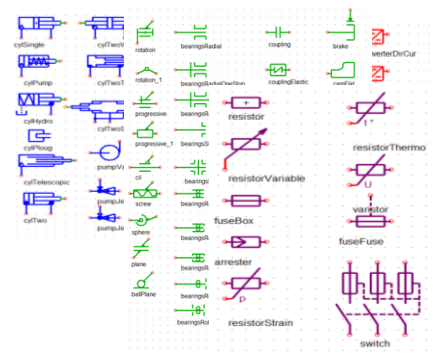
- ▶ Расчеты (системное мультифизическое моделирование продукта и его систем)
- ▶ Управление архитектурой (составом) изделия
- ▶ Управление функциями (определение, распределение по архитектуре)
- ▶ Управление требованиями (синтез характеристик продукта и его систем, конвергенция)
- ▶ Управление поставщиками (через ТТ на системы и узлы)
- ▶ Управление валидацией (разработка планов валидации)
- ▶ Синтез систем управления (алгоритмов)
- ▶ Функциональная безопасность, анализ последствий отказа системы или компонента на продукт
- ▶ Цифровой двойник

Совместно с PLM

## Архитектура



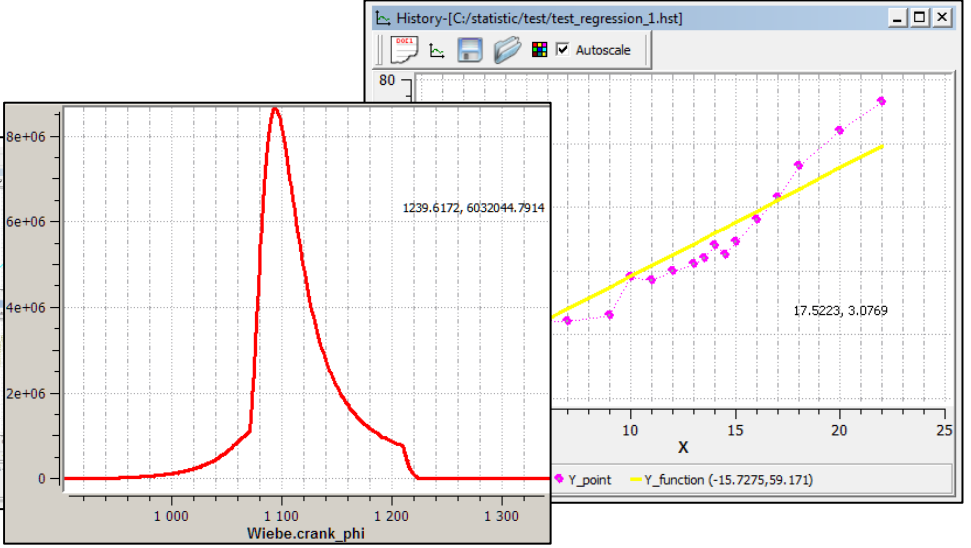
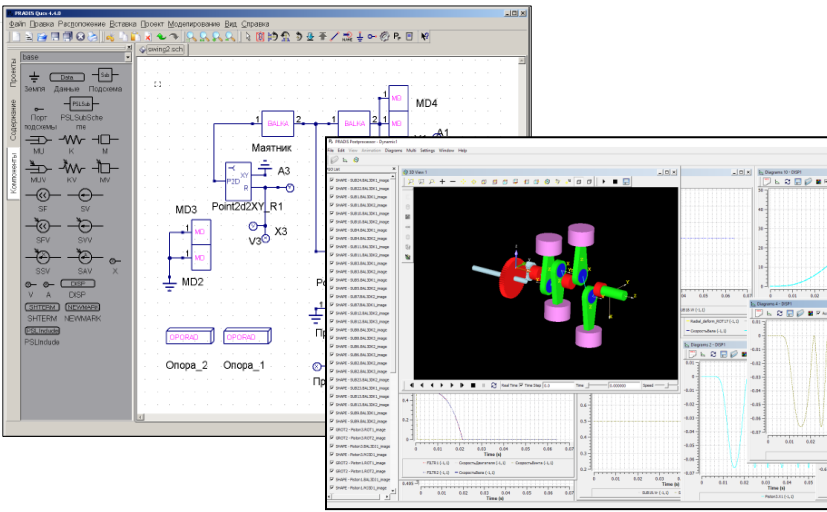
## Расширяемая библиотека мат.моделей



- Механика 1D/2D/3D
- Гидравлика
- Пневматика
- Электроника
- Биомеханика
- Системы управления
- Акустика
- и др.

- Расширяемый набор инструментов пре- и постобработки
- Решатели: динамика, многовариантный анализ и оптимизация
- 3D/2D Постпроцессор

## Схемный препроцессор



# ПОЖЕЛАНИЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ В 2021 И ПЛАН РАЗВИТИЯ НА 2022

## Развитие библиотеки моделей:

- библиотека промышленной гидравлики
- библиотека тепловой гидравлики
- библиотека систем кондиционирования
- суррогатные модели для упрощения сложных моделей или результатов испытаний
- модели динамики газотурбинных двигателей
- библиотека трансмиссии для цифровых двойников
- библиотека моделирования роботов, конвейерных систем
- **библиотека нефтехимии (пожелание)**

## Интеграция:

- с модулем требований PLM системы
- с модулем управления составом (архитектурой) PLM системы
- с пакетом системного моделирования (дополнение моделей систем)
- с CFD пакетом (1D-3D теплообмен и 1D-3D течение жидкостей или газов)
- с МКЭ пакетом (статическое и модальное редуцирование)
- с собственными моделями пользователей (интеграция с Delphi функциями)

## Развитие решателей

- решатель для работы в реал-тайм (HiL)
- частотный анализ
- дискретно-событийное моделирование (через модель состояний)
- вероятностный решатель для анализа последствий отказа узла или функции, генерация FMEA, HARA,...

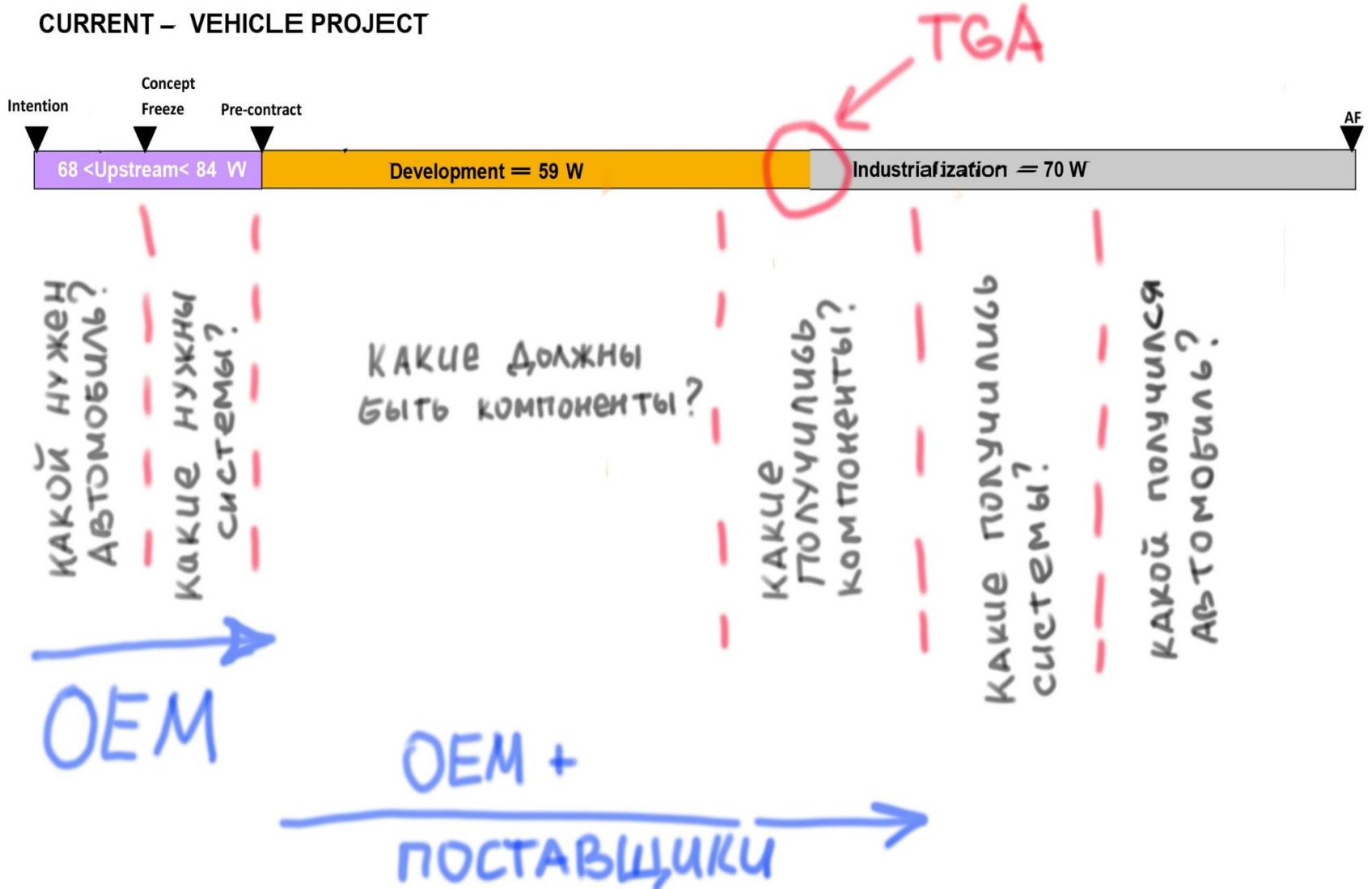
## Системы управления и генерация кода (пожелание)

- Трассировка функций по архитектуре
- Генератор встраиваемого кода на языке C по требованиям MISRA
- Генератор квалифицированного кода ?
- Генерация кода для отечественных контроллеров

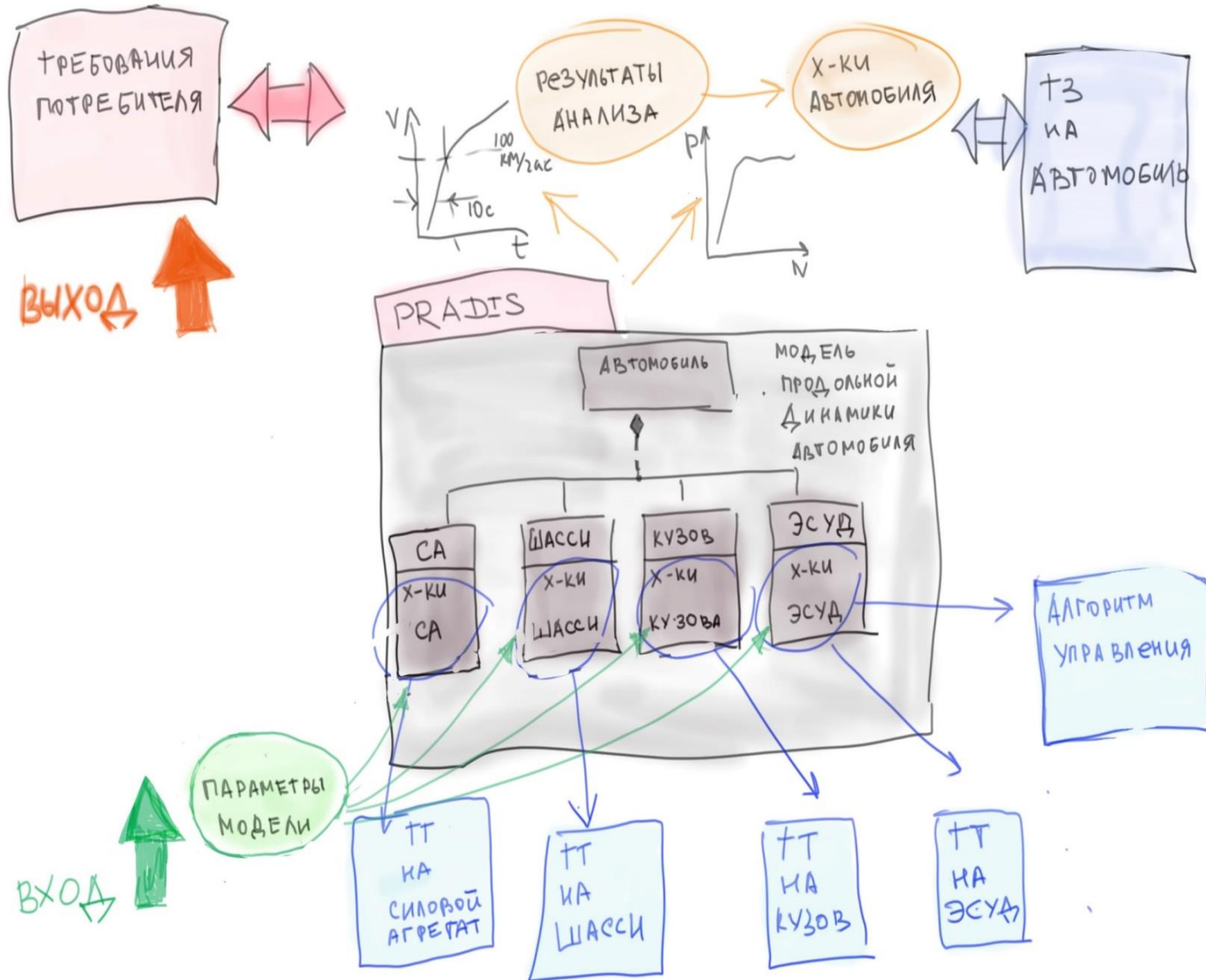
# **НЕМНОГО О ПРИМЕНЕНИИ СИСТЕМНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ПРИМЕРАХ И ПРОЦЕССАХ РЕАЛЬНЫХ ПРОЕКТОВ**

Имеющийся процесс разработки автомобиля, принятый на многих OEM предполагает стадию определения требований к автомобилю, системам и компонентам и стадию физической реализации требований

### CURRENT – VEHICLE PROJECT

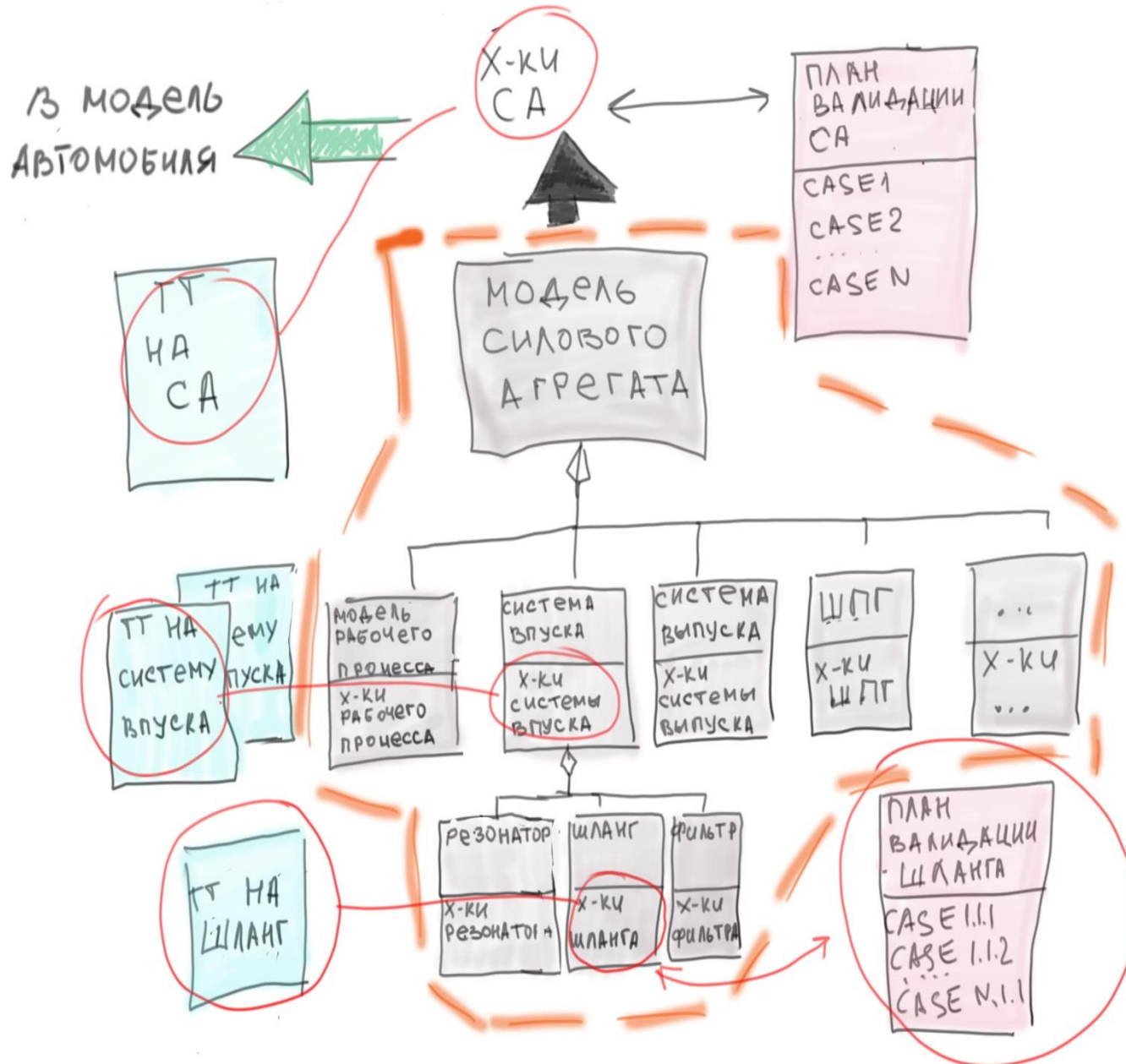


# Процесс определения ТТ к системам сводится к оптимизации модели автомобиля



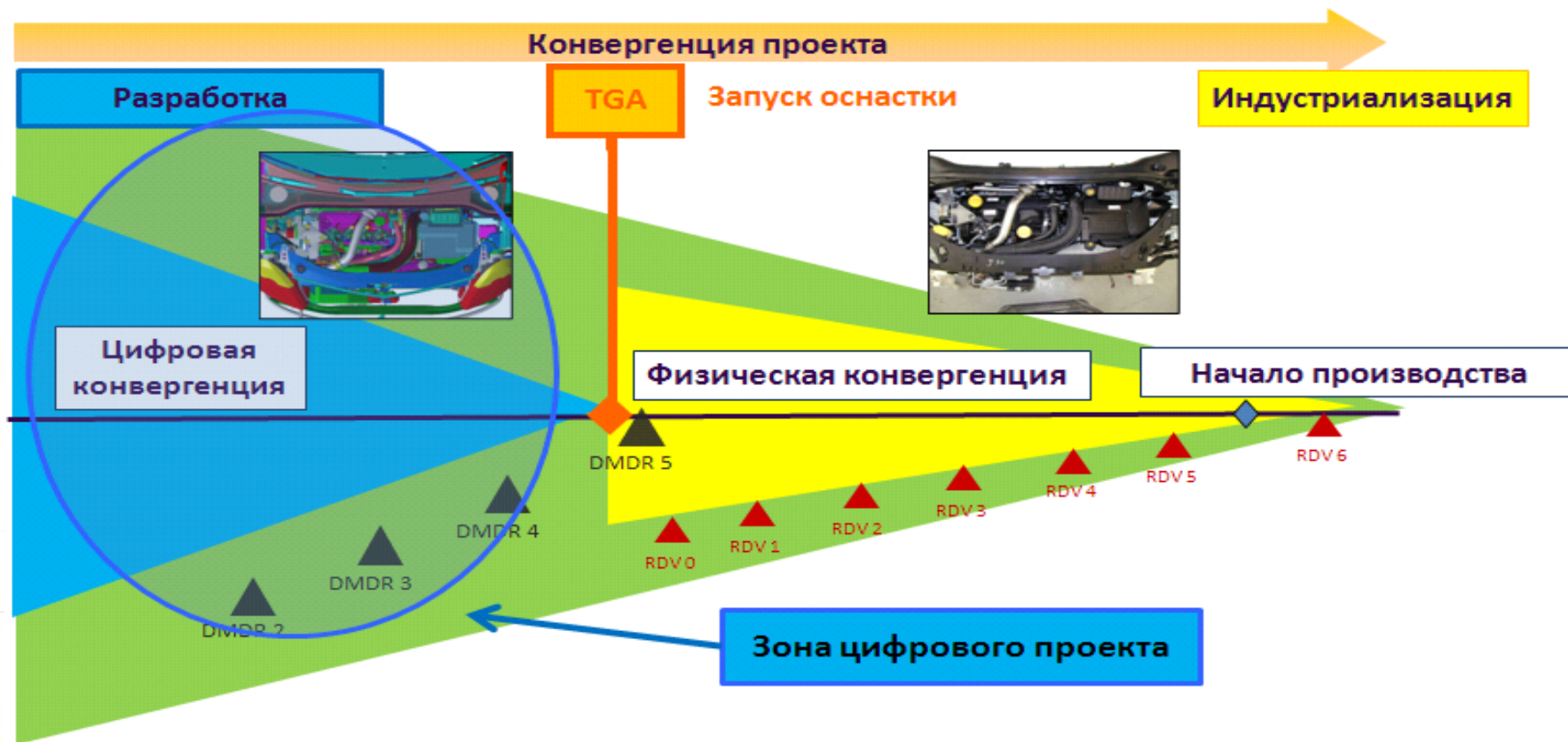
ТТ чисел к знаниям

# Разработка основных проектных документов для системы может





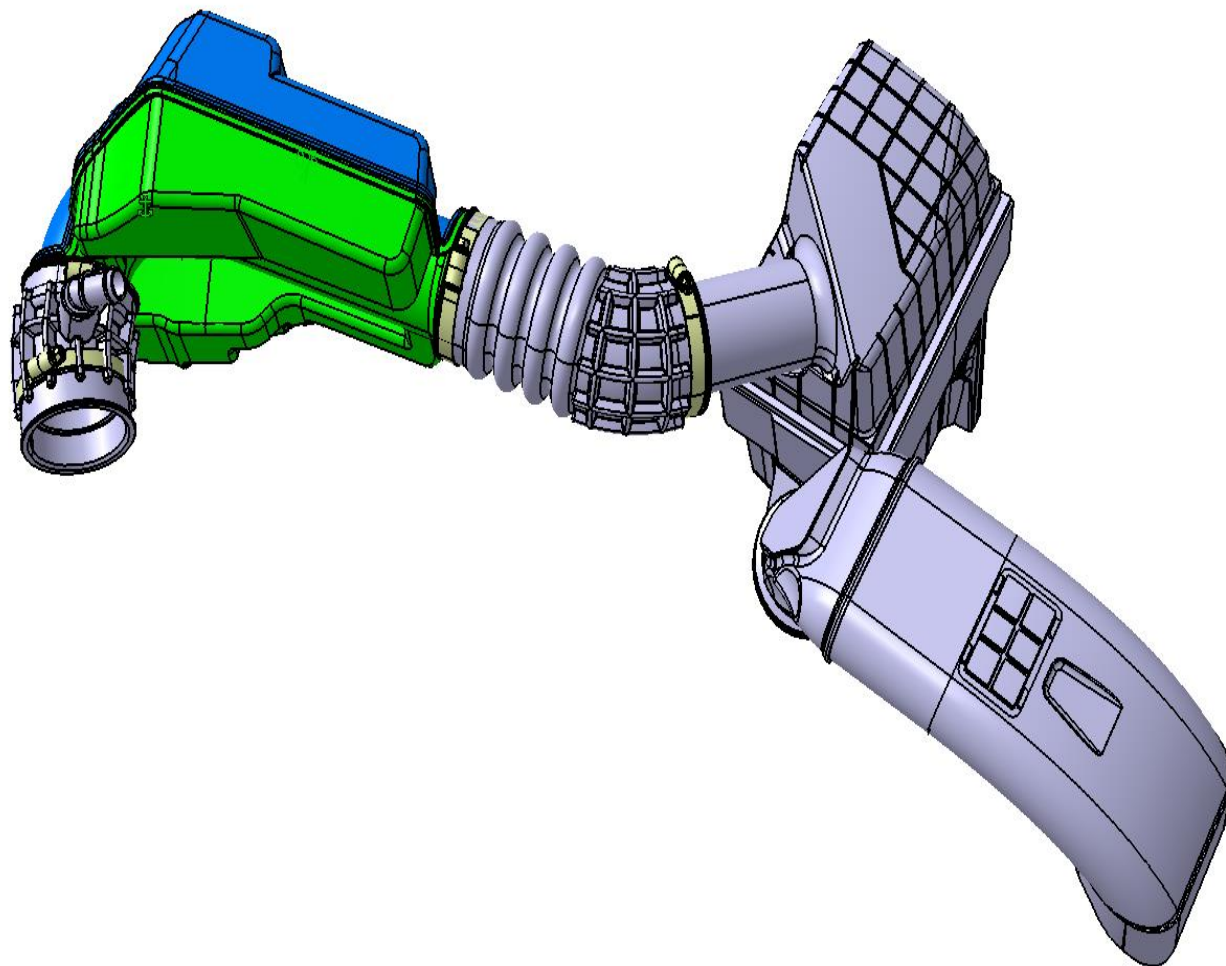
# ПРОЦЕДУРА КОНВЕРГЕНЦИИ ТРЕБОВАНИЙ В ПРОЦЕССЕ РАЗРАБОТКИ



## Новая роль в проекте: инженер по свойствам (управление функциональными свойствами)

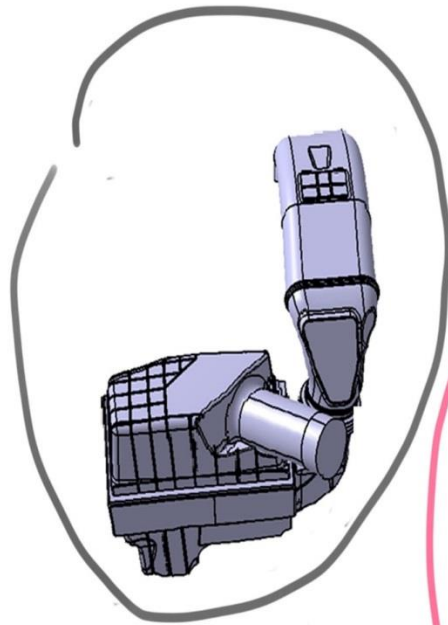
- Отвечает за формирование книги целей (TargetBook)
- Отвечает за каскадирование требований
- Управляет требованиями на узлы так, чтобы достигнуть целей (например, компенсирует недостатки одного узла за счет другого узла)
- Отвечает за конвергенцию свойств – достижения свойств в продукте

# Пример проекта по разработке и подготовке производства компонента.



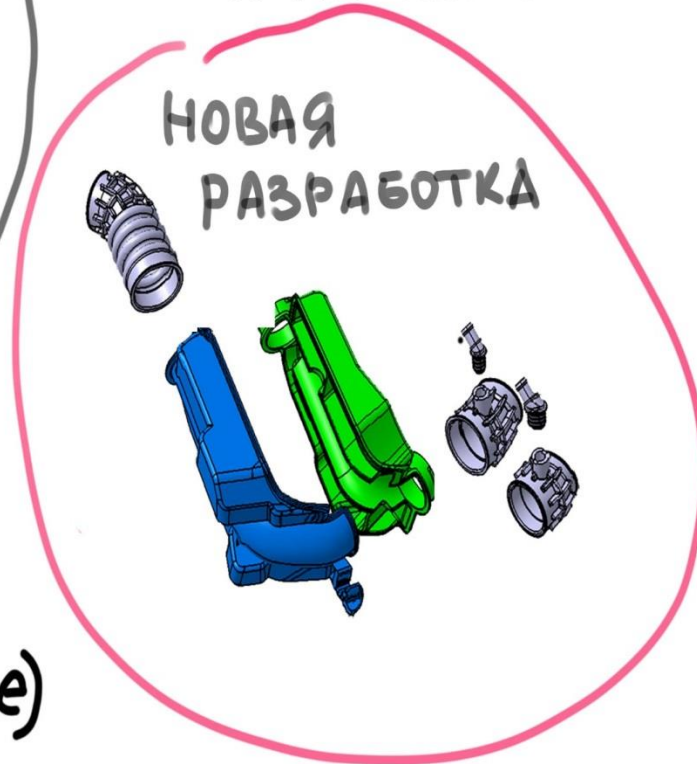
**Система  
впуска в  
НОВОМ  
проекте**

# Периметр разработки в новом проекте – часть системы впуска (шланг впускной трубы с резонатором)



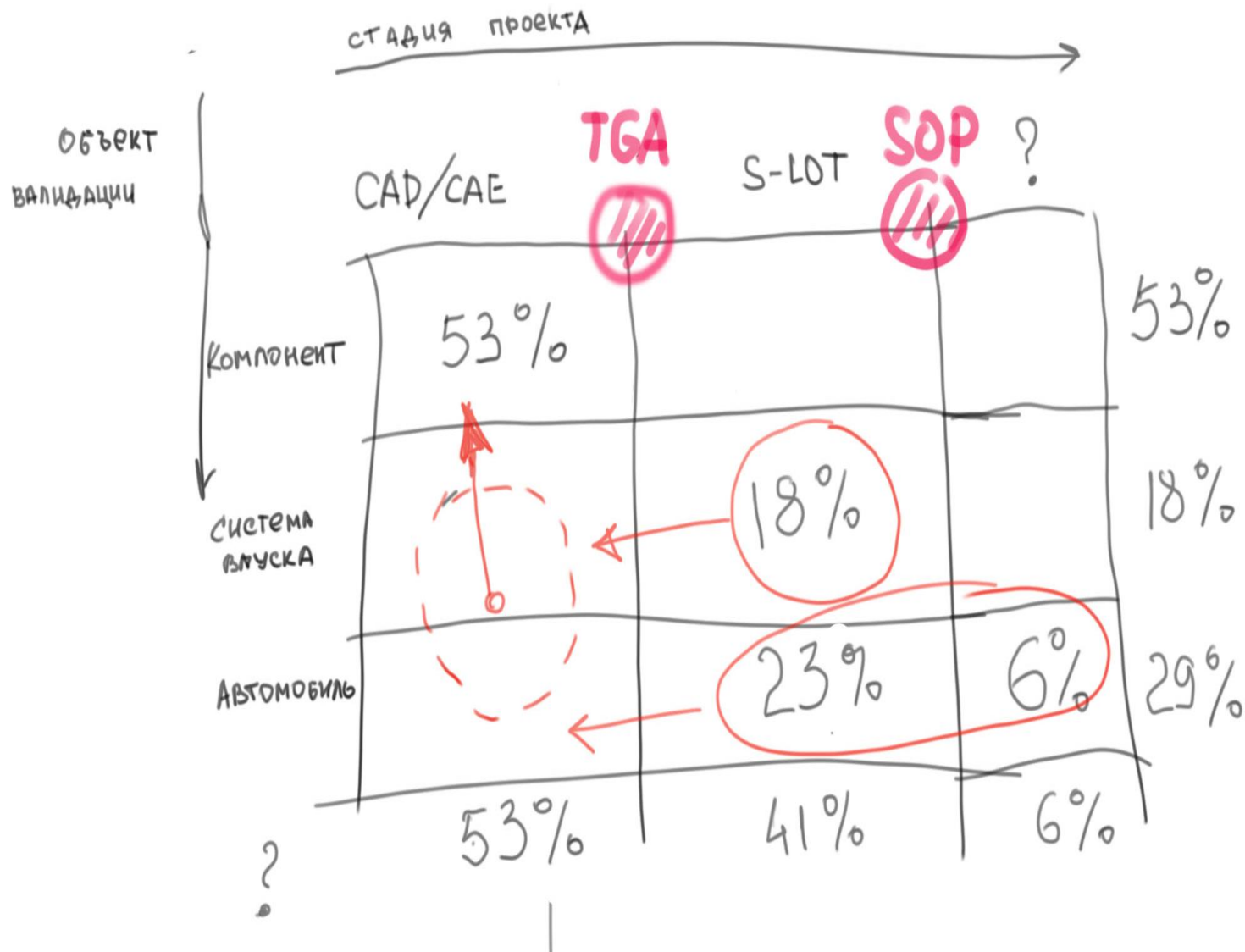
ФИЛЬТР И  
ВОЗДУХОЗАБОРНИК  
В СБОРЕ  
(ЗАИМСТВОВАННОЕ)

ШЛАНГ ВПУСКНОЙ  
ТРУБЫ  
С РЕЗОНАТОРОМ

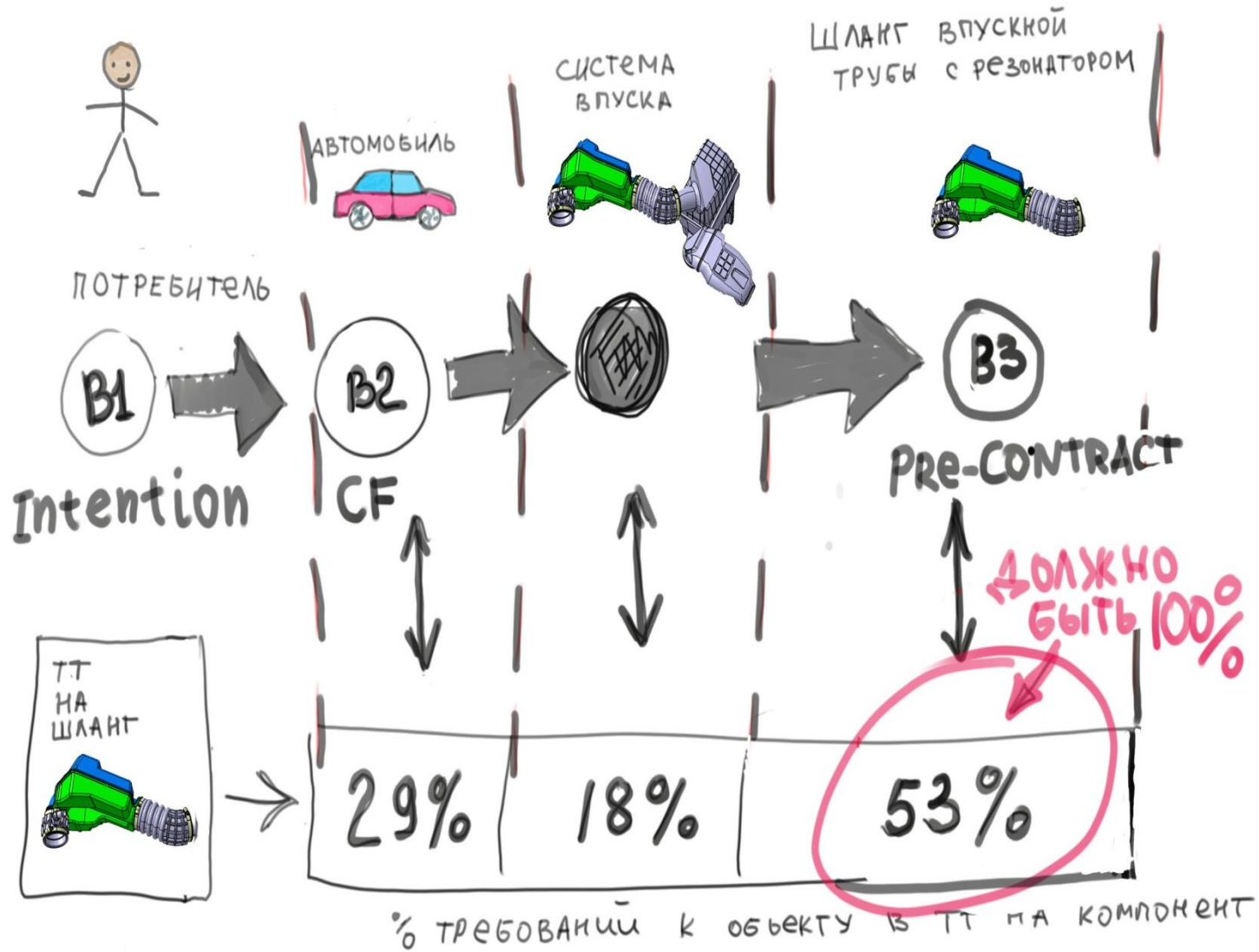


НОВАЯ  
РАЗРАБОТКА

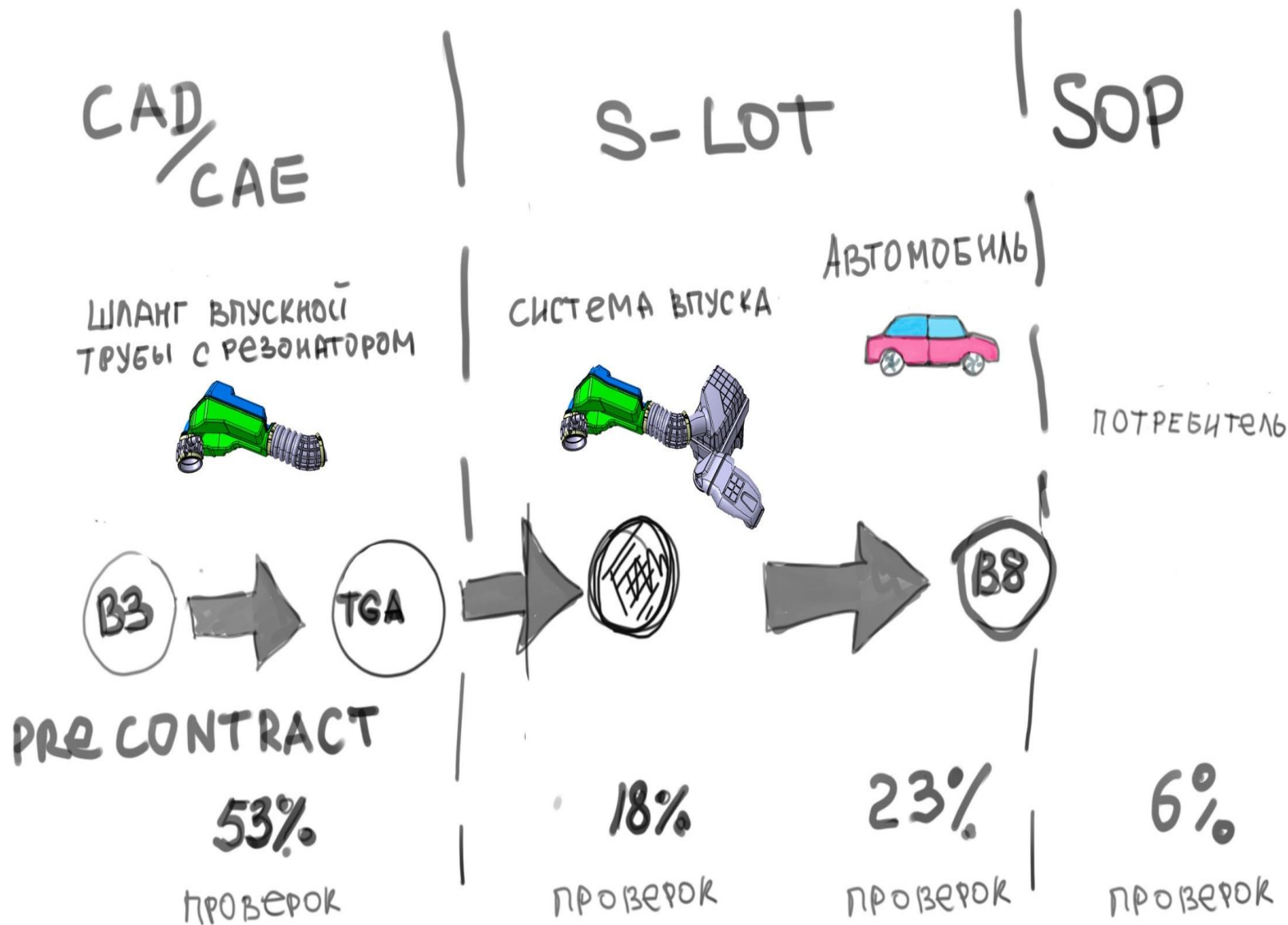
# Анализ требований к шлангу с резонатором. Показан % от общего числа требований, относящийся к разным стадиям проекта и объектам валидации



# Последовательность формирования ТТ на компоненты – от потребителя к компоненту



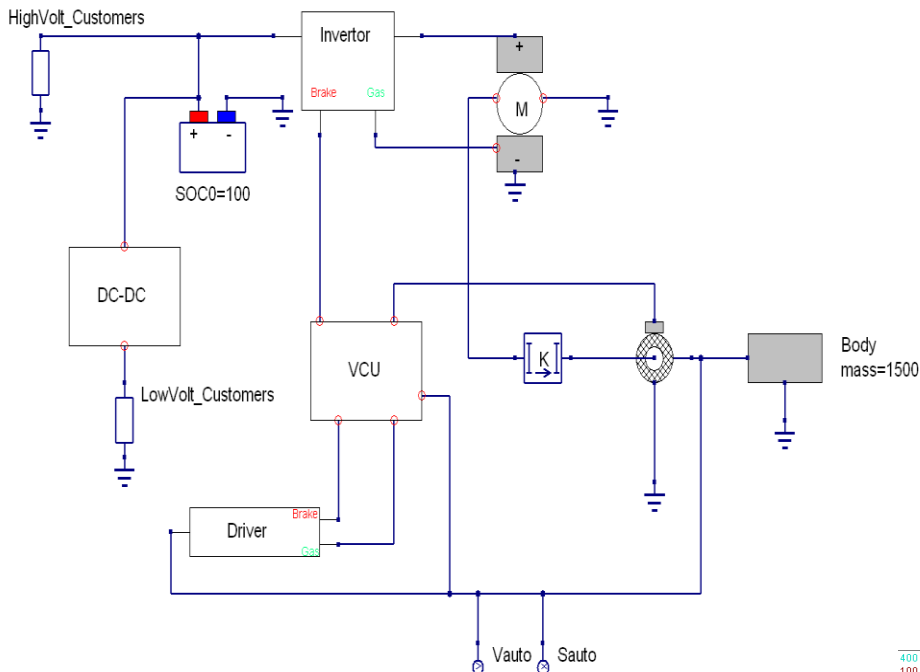
# Последовательность валидации проекта – от компонента к потребителю



# ПРИМЕРЫ ЗАДАЧ СИСТЕМНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

# МОДЕЛЬ ЭЛЕКТРОБАЛАНСА И ТЕРМОМЕНЕДЖМЕНТА ЭЛЕКТРОМОБИЛЯ

## Модель электромобиля

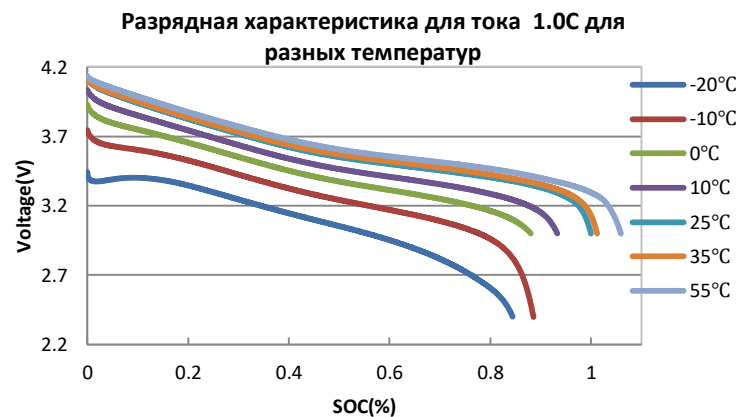


## РЕЖИМЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

- ▶ Лето-день-солнце, Лето - ночь – дождь, Зима-день-солнце, Зима - ночь - снег

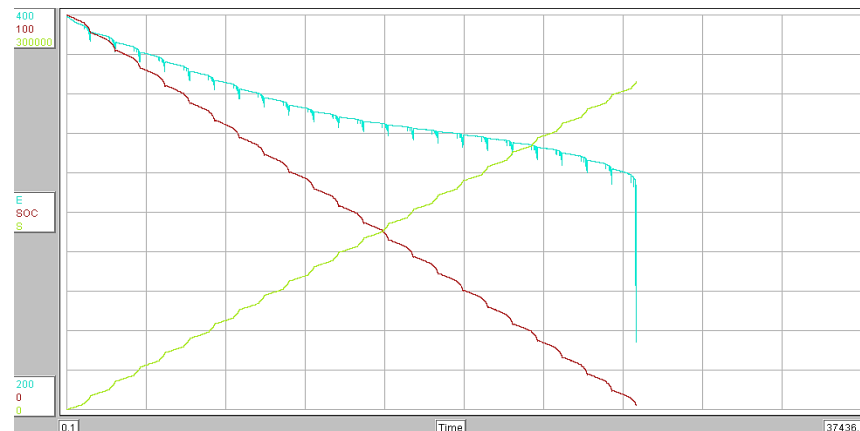
## УКЛОН ДОРОГИ

- ▶ 0%, 0.5%, 4%, 8%, 12%



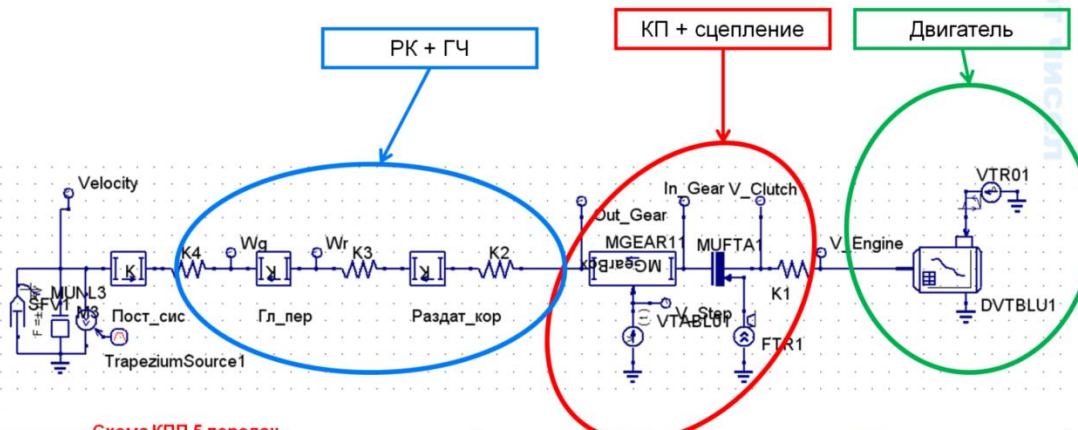
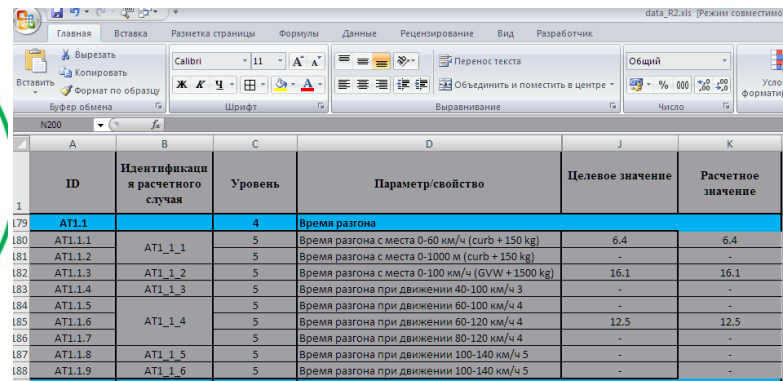
### Цели анализа:

- Определение ТТ на компоненты
- Определение алгоритмов управления продольной динамики электромобиля для обеспечения максимального пробега
- Оптимизация алгоритмов работы термоменеджмента электромобиля



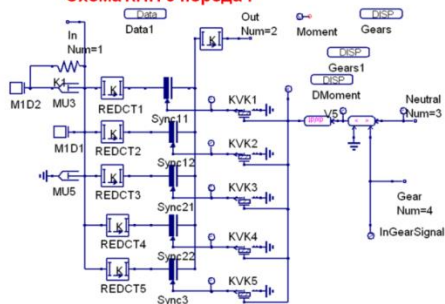


# ПРОДОЛЬНАЯ ДИНАМИКА АВТОМОБИЛЯ КАСКАДИРОВАНИЕ

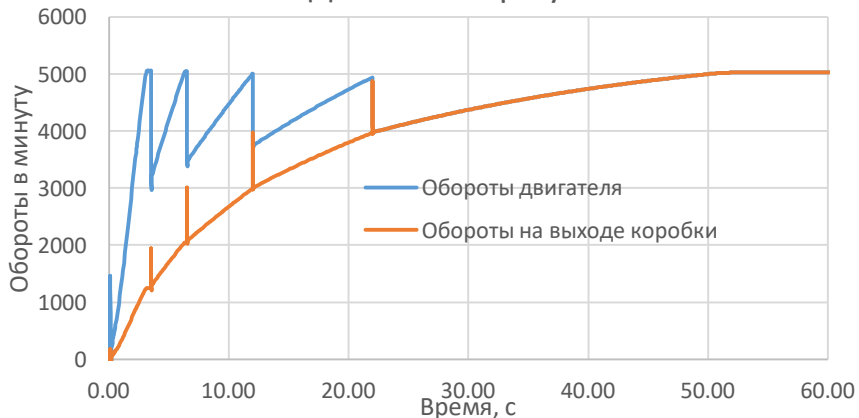
ID	Идентификация расчетного случая	Уровень	Параметр/свойство	Целевое значение	Расчетное значение
L79	AT1.1	4	Время разгона		
L80	AT1.1.1	5	Время разгона с места 0-60 км/ч (curb + 150 kg)	6.4	6.4
L81	AT1.1.2	5	Время разгона с места 0-1000 м (curb + 150 kg)	-	-
L82	AT1.1.3	5	Время разгона с места 0-100 км/ч (GVW + 1500 kg)	16.1	16.1
L83	AT1.1.4	5	Время разгона при движении 40-100 км/ч 3	-	-
L84	AT1.1.5	5	Время разгона при движении 60-100 км/ч 4	-	-
L85	AT1.1.6	5	Время разгона при движении 60-120 км/ч 4	12.5	12.5
L86	AT1.1.7	5	Время разгона при движении 80-120 км/ч 4	-	-
L87	AT1.1.8	5	Время разгона при движении 100-140 км/ч 5	-	-
L88	AT1.1.9	5	Время разгона при движении 100-140 км/ч 5	-	-

Схема КПП 5 передач

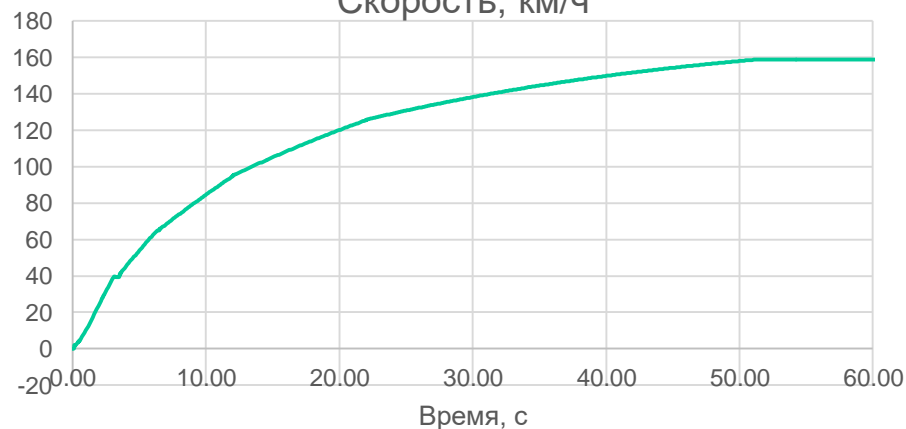


- Масса снаряженного автомобиля (без водителя) (Curb) -1940 кг
- Полная масса автомобиля (GVW)– 2540 кг
- Коэффициент аэродинамического сопротивления -0.44
- Аэродинамический фактор– 3.028 м^2
- Коэффициент трения качения -0.01
- Передаточные числа коробки передач  
-4.06, 2.466, 1.673, 1.245, 1
- Передаточное отношение понижающей передачи – 2.45
- Передаточное число главной передачи – 4.11

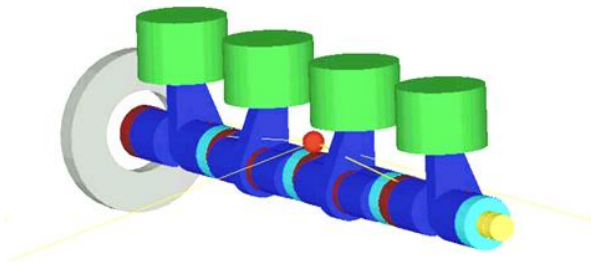
Динамика при уклоне 0%



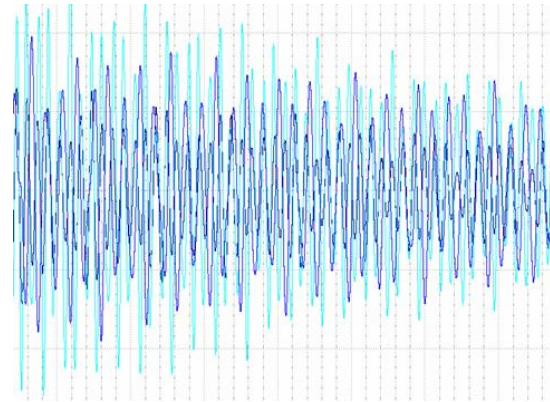
Скорость, км/ч



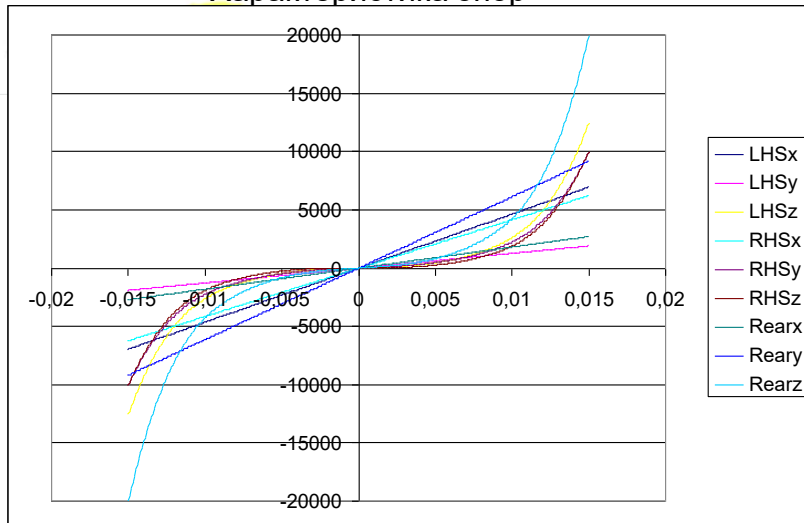
- ▶ Расчет вибраций силового агрегата
- ▶ Определение наилучшего места опор
- ▶ Оптимизация характеристик опор



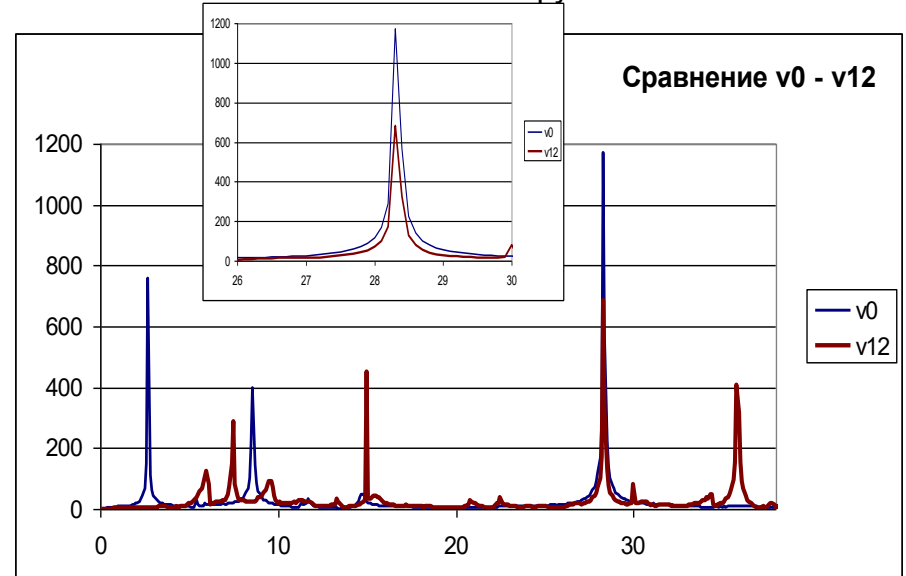
Силы в опорах



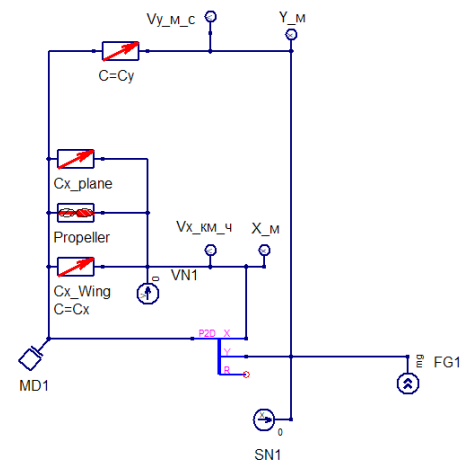
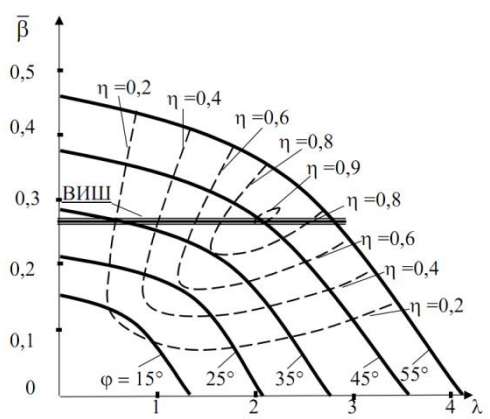
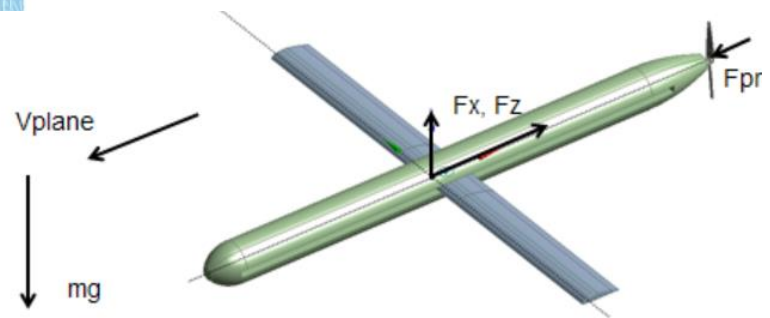
Характеристика опор



Частотный отклик на руле



- ▶ В оптимальном варианте вибрации уменьшены в 1,7 раз.



### Требования:

- Максимальная масса
- Максимальные габариты
- Дальность полета

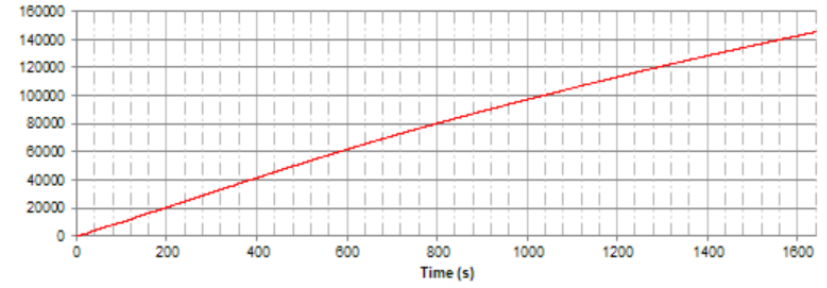
### Цели:

- Определить ТТ на двигатель
- Определить ТТ на винт
- Определить ТТ на батарею
- Определить требуемую площадь крыла
- Определить аэродинамические хар-ки

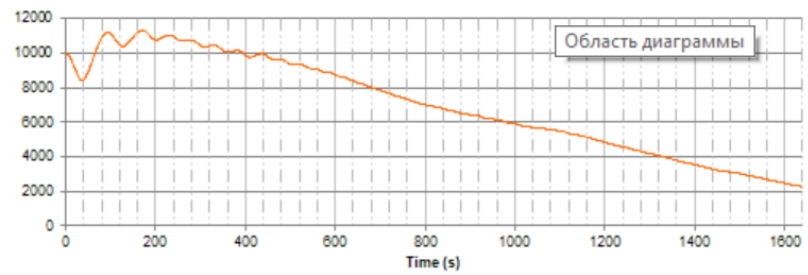
### Постановка задачи анализа динамики аппарата:

- Движение по траектории
- учет изменения плотности воздуха
- полет управляемый оборотами двигателя

Расстояние



Высота



— X, м

— Y, м

# БЛАГОДАРИМ ЗА ВНИМАНИЕ!

## ООО «Ладуга»

ОТ ЧИСЕЛ К ЗНАНИЯМ