

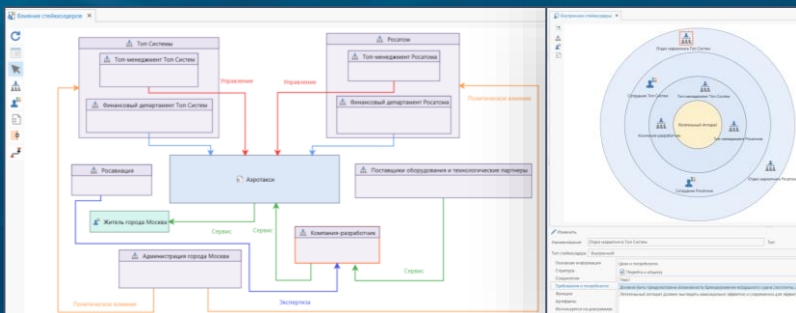
T-FLEX УПРАВЛЕНИЕ ТРЕБОВАНИЯМИ И T-FLEX СИСТЕМНАЯ ИНЖЕНЕРИЯ 18: СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К РАЗРАБОТКЕ АРХИТЕКТУРЫ ИЗДЕЛИЙ

Каролина Лацерус

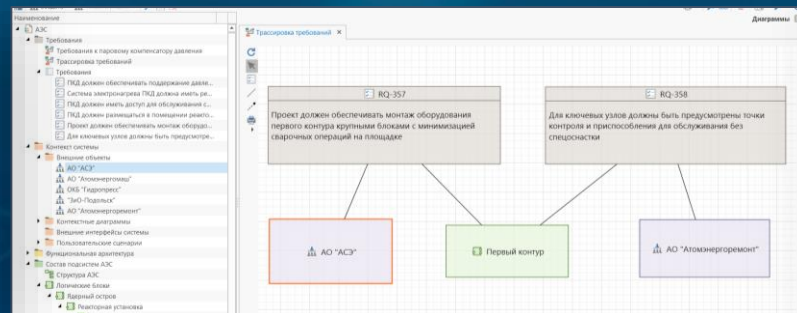
Руководитель продуктов T-FLEX Управление требованиями
и T-FLEX Системная инженерия

T-FLEX Системная инженерия (MBSE)

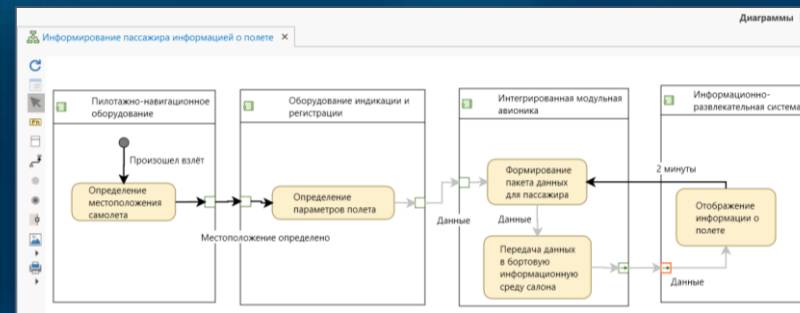
Как пройти путь от замысла изделия до готовой реализации



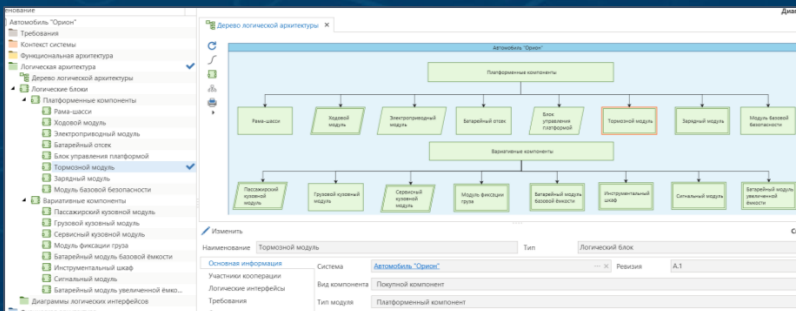
От замысла к заинтересованным в изделии сторонам



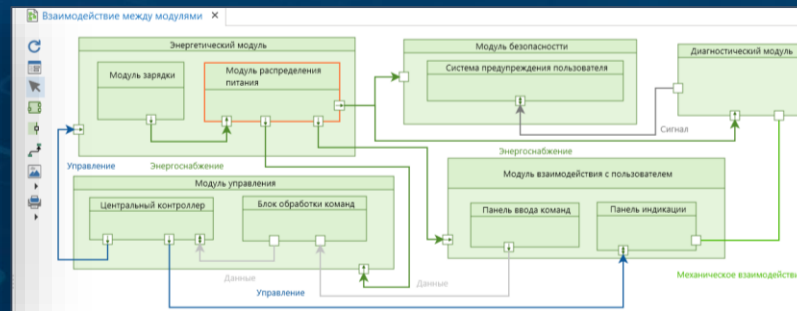
От потребностей к требованиям



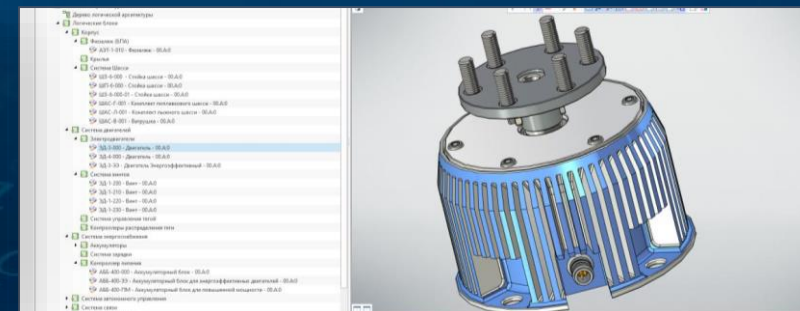
От требований к функциям и поведению изделия



От подсистем к компонентам



От компонентов к интерфейсам



От идеи к реализации

Системная инженерия позволяет представить сложный объект «по частям»



Снижается неопределенность на ранних этапах



Сохраняется логика разработки



Ошибки выявляются раньше

Изделие – это тысячи...

требований

испытаний

расчётов

деталей

согласований

документов

Решений

строк кода

задач

моделей

сотрудников

убитых нервных клеток

рисков

изменений

компромиссов

Инженерные vs управленческие решения

Делать компонент самим или купить?

Разработать одно изделие или серию?

Сделать изделие надежнее или проще в эксплуатации?

Использовать новую или проверенную технологию?

Повысить ресурс изделия или сократить стоимость?

Продолжить доработку или выйти на рынок?

Инженерные решения влияют на план, бюджет и риски
Управленческие решения влияют на требования и облик изделия

Почему принимать решения – сложно?

«Психологические» причины

- Решения из прошлых проектов кажутся более понятными
- Большой объем информации и критериев анализа решений

Организационные сложности

- Ответственность за решения всегда распределена
- Носители причин ранее принятых решений – сотрудники, документы, письма

Конфликты интересов неизбежны

- Решения – это компромиссы между интересами стейкхолдеров
- Изменения в контексте (рыночном, политическом, организационном) = пересмотр решений

Следующий шаг в развитии PLM – управлять не только результатами проектирования, но и решениями, которые к ним привели

T-FLEX PLM превращает решения в управляемые данные

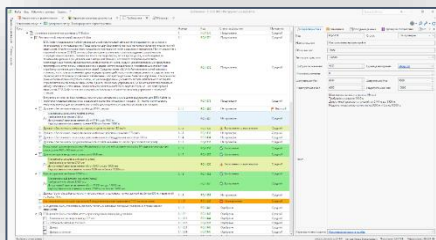
Управление принятием решений

Инженерный
контур



ТРЕБОВАНИЯ

RM

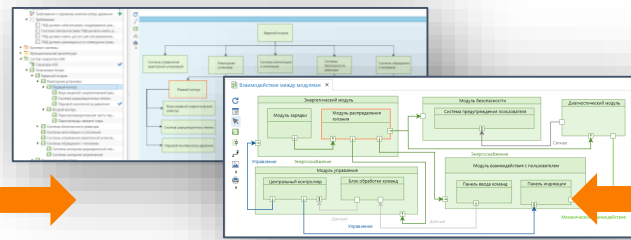


Ограничения и критерии для
принятия решений



СИСТЕМНАЯ ИНЖЕНЕРИЯ

MBSE



Пространство принятия ключевых
решений об изделии

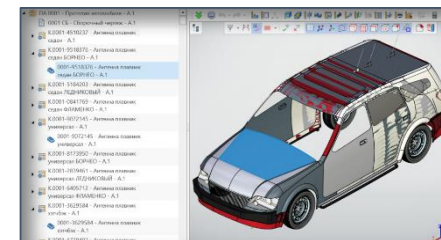


ЭЛЕКТРОННЫЙ МАКЕТ

PDM



CAD

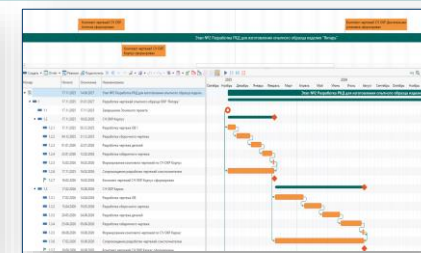
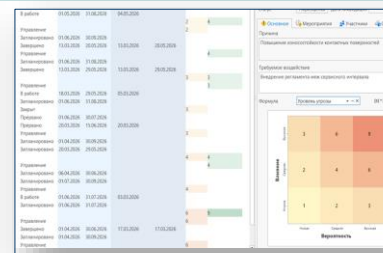
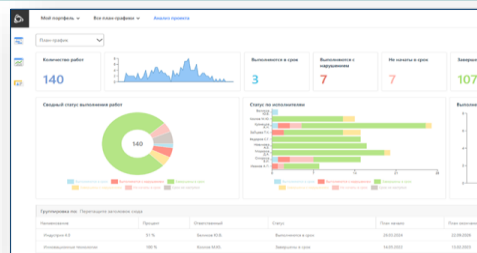
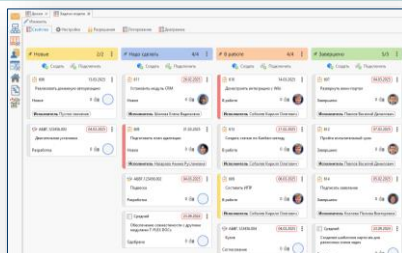


Реализация принятых решений



УПРАВЛЕНИЕ ПРОЕКТАМИ И РИСКАМИ

PM



Фиксация причин, ограничений и последствий уже принятых решений (сроки, бюджет, риски, задачи)

Управленческий
контур

История одной компании



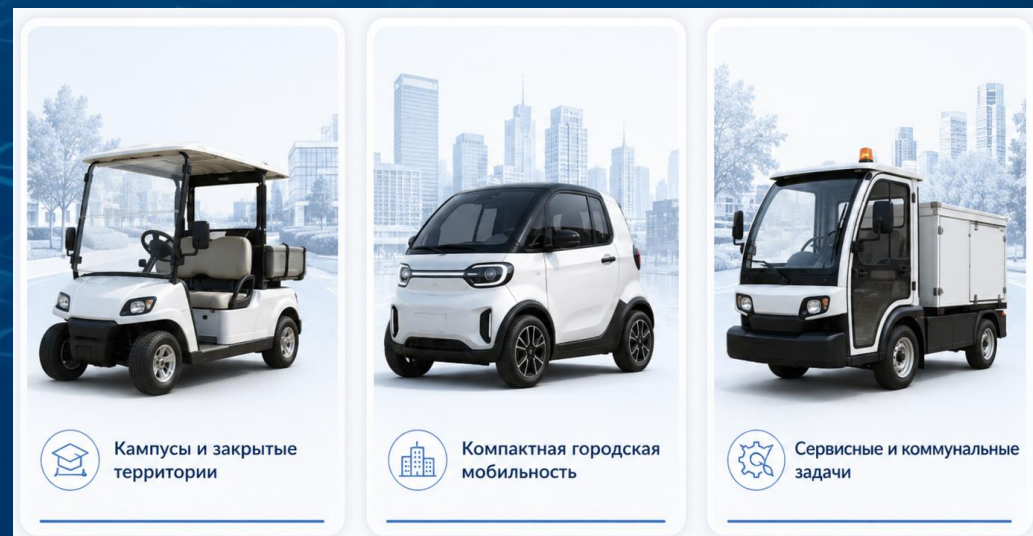
АО «ТехноДрайв» – российская инженерная компания, специализирующаяся на разработке электроприводов и компонентов для компактного электротранспорта

Цель: создать малое транспортное средство для малой городской и промышленной мобильности

Открытые вопросы

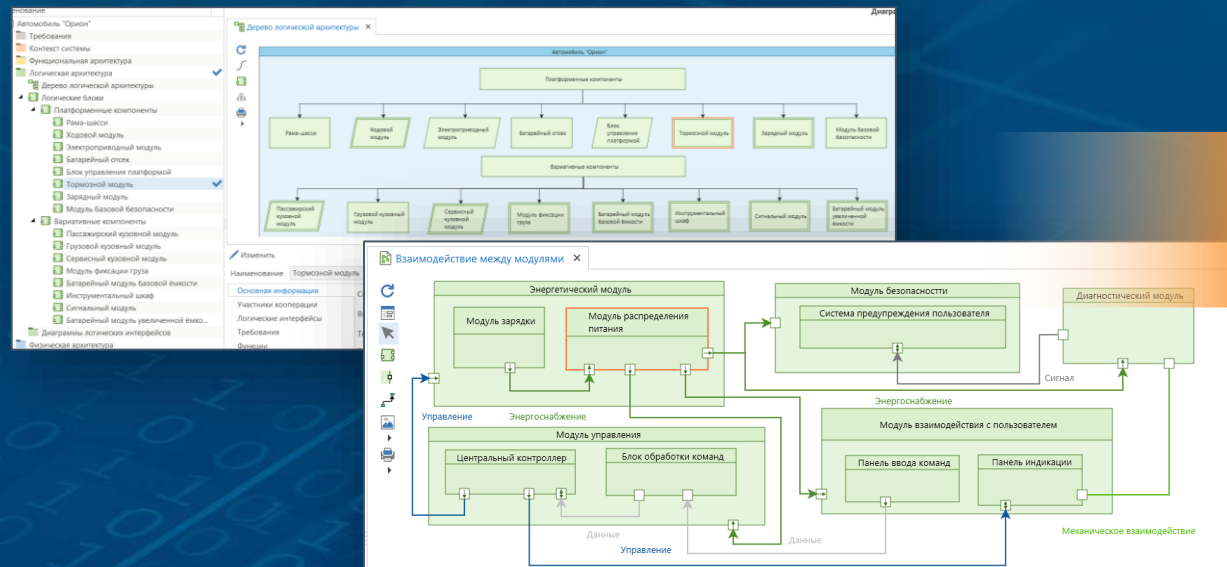
- Кто является потенциальными заказчиками?
- Ориентироваться только на Россию или учитывать внешние рынки?
- Какие ограничения по срокам и бюджету
- **Разработать одно изделие или модульную платформу?**

Мировые аналоги



Модульное проектирование начинается с модульной архитектуры

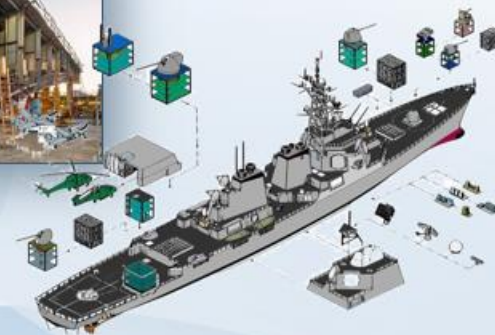
T-FLEX Системная инженерия – инструмент создания модульной архитектуры



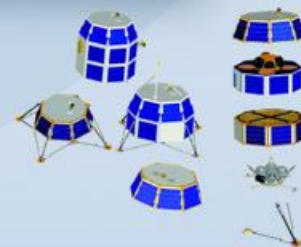
Авиационная техника



Судостроение



Космическая техника



- ✓ Ускорение разработки сложных изделий
- ✓ Снижение зависимости от поставщиков
- ✓ Повышение эффективности кооперации

Как понять, что изделие нужно сделать модульным?

Модулизация — это разбиение изделия на модули с определенными интерфейсами, выполняемое исходя из **целей компании**

Драйверы модулизации*



Продукт и рынок

- Вариативность линейки
- Повторное использование узлов
- Возможность обновления узлов



Технологии и архитектура

- Унификация узлов и интерфейсов
- Внедрение новых технологий
- Автономность разработки/испытаний



Производство, кооперация

- Упрощение сборки/логистики
- Уровень кооперации с поставщиками
- Возможность замены поставщика или узла



Эксплуатация и сервис

- Удобство обслуживания
- Модернизация в эксплуатации
- Упрощение демонтажа и переработки

Определение драйверов модулизации – первое решение на пути к модульной архитектуре изделия

Создаем состав проекта

Пространство, в котором принимаются ключевые решения по изделию и проекту

Организационная структура компании

Стейкхолдеры, цели проекта, требования

Будущие модификации изделия

План-графики

Принятые решения

Наименование

- Контекст принятия решений
 - Проект ТС малой мобильности "Орион"
 - Организационная структура
 - АО "ТехноДрайв"
 - Дирекция по продукту и развитию
 - Инженерный центр
 - Проектный офис
 - Производственная дирекция
 - Дирекция по закупкам и кооперации
 - Сервисно-эксплуатационная дирекция
 - Системная инженерия
 - Проектируемые системы
 - Автомобиль "Орион"
 - Стейкхолдеры
 - Пассажир
 - Сервисная служба
 - Поставщики компонентов
 - Регулирующие и надзорные органы
 - Пешеходы
 - Предприятия заказчики
 - Предприятия операторы парков
 - Кооперанты
 - Требования
 - Цели проекта
 - Проект конструкции серии автомобилей
 - Автомобиль Орион
 - Орион Лайт
 - Орион Сервис
 - Орион Карго
 - Работы
 - План-график эскизного проекта
 - План-график работ на этапе концепции
 - Запросы на решение
 - Решения

Изменить

Основная информация | Организационная структура | Документы | Продукты | Работы

Наименование | Проект ТС малой мобильности "Орион"

Лица принимающие решения

Изображен...	ФИО	Роль	Зоны ответственности
	Алексей Орлов	Генеральный директор	Стратегия продукта, инвестиции, выбор целевых рынков, запуск или остановка проекта
	Марина Соколова	Директор по продукту	Назначение изделия, продуктовая линейка, приоритетные сценарии применения, бизнес-ценность опций
	Игорь Ковалёв	Главный конструктор	Конструктивный облик изделия, реализуемость архитектурных решений, компоновка, выбор ключевых технических решений
	Иван Савельев	Системный инженер	Системная архитектура, декомпозиция требований, функции, сценарии, интерфейсы, трассировка решений и требований
	Дмитрий Лебедев	Руководитель проектного офиса	Сроки, бюджет, ресурсы, план-график, зависимости между работами, влияние решений на ход проекта

Лица, принимающие решения и распределение зон ответственности

Решения становятся полноценными объектами платформы в едином инженерно-управленческом контексте

Анализируем альтернативы и принимаем решение

Оценка по заданным критериям

Наименование

- Контекст принятия решений
 - Проект ТС малой мобильности "Орион"
 - Организационная структура
 - Системная инженерия
 - Проект конструкции серии автомобилей
 - Работы
 - Запросы на решение
 - Определение сценариев использования ТС
 - Определение региональных рынков
 - Определение ограничений по срокам
 - Определение ограничений по бюджету
 - Определение принципов деления на модули
 - Решения
 - Развитие модульной платформы

Изменить

Основная информация | Анализ альтернатив

Оценка альтернатив

Наименование	Влияние на снижение проектных...	Влияние на скорость запуска	Влияние на прибыльность в перспективе 10 лет
Автономность разработки/испытаний	Положительное	Положительное	Нейтральное
Вариативность линейки	Нейтральное	Отрицательное	Положительное
Внедрение новых технологий	Отрицательное	Отрицательное	Нейтральное
Возможность замены поставщика или узла	Положительное	Отрицательное	Положительное
Возможность обновления узлов	Положительное	Нейтральное	Положительное
Модернизация в эксплуатации	Положительное	Нейтральное	Положительное
Повторное использование узлов	Положительное	Положительное	Положительное
Удобство обслуживания	Положительное	Нейтральное	Положительное
Унификация узлов и интерфейсов	Положительное	Положительное	Положительное
Упрощение демонтажа и переработки	Положительное	Нейтральное	Нейтральное
Упрощение сборки/логистики	Положительное	Положительное	Положительное
Уровень кооперации с поставщиками	Положительное	Положительное	Положительное

Принятое решение

Наименование

- Развитие модульной платформы
 - Принято решение разрабатывать изделие как модульную платформу
 - Ключевые драйверы деления на модули:
 - Возможность повторного использования узлов
 - Унификация интерфейсов
 - Упрощение производства
 - Возможность проведения автономной разработки и испытаний
 - Удобство обслуживания

Срыв сроков проекта ввиду усложнения архитектуры изделия

Пересмотр стратегии компании

Запросы на решение и решения

Принятое решение имеет связанные риски

Фиксация не только принятого решения, а цепочки его принятия: контекста, запроса, критериев принятия решения, альтернатив и связанных рисков

Рассмотрим проектируемое изделие как «черный ящик»

Определим, кто является его стейкхолдерами и какие у них потребности

Типы влияния стейкхолдеров на изделие

Стейкхолдеры связаны с их потребностями

Основные стейкхолдеры: Пассажир, Водитель, Регулирующие и надзорные органы, Сервисная служба (Специалист тех. обслуживания), Пешеходы, Предприятия заказчики, Предприятия операторы парков, Поставщики компонентов.

Взаимодействия: Управление (Водитель), Сервис (Пассажир, Сервисная служба, Предприятия операторы парков), Политическое влияние (Регулирующие органы), Механическое препятствие (Пешеходы), Финансирование (Предприятия операторы парков), Продукты (Поставщики компонентов).

Потребности Предприятий заказчики:

- Предприятию нужно перевозить малые грузы, инструмент и комплектующие
- Предприятиям заказчикам нужна визуальная идентификация техники
- Российским заказчикам нужна эксплуатация в холодный сезон

Решение о вариативности изделия – результат анализа

Решение привело к созданию модификаций – будущим параметрам конфигурирования ЭСИ

Модификации изделия

Основная информация | Лица принимающие решение | Исходные данные

Наименование: Разработка 3х модификаций | Дата создания: 13.05.2026 17:05

Контекст принятия решений: Проект ТС малой мобильности "Орион"

Описание: Разработать три модификации изделия на базе единой платформы «Орион»:
Орион Лайт — пассажирская модификация для технопарков, кампусов и закрытых территорий;
Орион Карго — грузовая модификация для промышленных предприятий и внутривозвездской логистики;
Орион Сервис — сервисная модификация для организаций.

Обоснование: По результатам анализа пользовательских сценариев пользователи используют изделие по-разному. Технопаркам и кампусам нужна машина для перевозки людей. Промышленным предприятиям — для перемещения малых грузов и комплектующих. Сервисным организациям — для выезда к месту работ с инструментом и расходными материалами. Эти сценарии требуют разных конструктивных решений: пассажирской кабины, грузового модуля или сервисного оснащения. Поэтому одно универсальное исполнение стало бы компромиссом и хуже закрыло бы потребности каждого сегмента.

Объекты решения

Справочник	Тип	Объект
Менеджер конфигураций	Изделие	Автомобиль Орион - Автомобиль Орион
✓ Диаграммы	Диаграмма...	Сценарии использования
✓ Требования	Требование	RQ-380

Решение имеет обоснование, связанные с ним объекты платформы и риски

Код	Причина	Категория риска
Категория: Технический		
RSK - 011	Поддержка трёх модификаций требует более строгого управления интерфейсами, применяемостью и вариантноостью	Технический
Категория: Экономический риск		
RSK - 010	Один из выбранных сегментов может оказаться менее востребованным, чем ожидалось	Экономический риск
RSK - 009	Разработка платформы и трёх модификаций требует больше начальных инвестиций, чем создание одного изделия	Экономический риск

Потребности – еще не требования

Необходимо принимать решения, какие потребности учитывать в требованиях

Автомобиль "Орион" - T-FLEX DOCs Инструменты разработки

Контекст принятия решений x Автомобиль "Орион" x

Наименование

- Автомобиль "Орион"
 - Требования
 - Требования
 - Контекст системы
 - Условия эксплуатации
 - Стейкхолдеры
 - Водитель
 - Пассажир
 - Сервисная служба
 - Специалист тех. обслуживания
 - Поставщики компонентов
 - Регулирующие и надзорные органы
 - Пешеходы
 - Предприятия заказчики
 - Промышленные предприятия
 - Технопарки / кампусы
 - Сервисные организации
 - Предприятия операторы парков
 - Кооперанты
 - Контекстные диаграммы
 - Основные стейкхолдеры
 - Зоны ответственности кооперантов
 - Внешние интерфейсы системы
 - Пользовательские сценарии
 - Функциональная архитектура
 - Логическая архитектура
 - Физическая архитектура
 - Надежность и безопасность

Основные стейкхолдеры x

Измнить

Наименование	Предприятия
Основная информация	
Потребности	
Риски	
Соединения	
Требования	
Функции	
Артефакты	
Используется на диаграммах	

Наименование

- Предприятия операторы парков
 - Обслуживание батареи не должно требовать высокой квалификации водителя
 - Парк должен работать всю смену без длительных простоев на зарядке.
 - Запрос на решение
 - Как обеспечить возможность непрерывной эксплуатации?
 - Является ли потребность в непрерывной эксплуатации приоритетной?

Анализ вариантов, как реализовать потребность стейкхолдера

В результате было принято архитектурное решение и появились требования

The screenshot displays the 'Контекст принятия решений' (Decision Context) window in T-FLEX PLM. The interface is divided into several sections:

- Left Panel (Tree View):** Shows a project structure for 'Автомобиль "Орион"'. Under 'Запросы на решение' (Requests for solution), the requirement 'Как обеспечить возможность непрерывной эксплуатации?' is highlighted. An orange arrow points from this requirement to the 'Анализ альтернатив' (Alternative Analysis) section.
- Top Panel (Alternative Analysis):** Titled 'Альтернативы и их оценка по заданным критериям' (Alternatives and their evaluation by given criteria). It lists alternatives: 'Батарея увеличенной ёмкости', 'Быстрая зарядка', 'Быстросменная батарея', and 'Увеличение парка машин'. A table evaluates these against three criteria: 'Влияние на снижение проектных рисков', 'Влияние на скорость запуска', and 'Влияние на прибыльность в перспективе 10 лет'.

Альтернатива	Влияние на снижение проектных рисков	Влияние на скорость запуска	Влияние на прибыльность в перспективе 10 лет
Батарея увеличенной ёмкости	Нейтральное	Положительное	Положительное
Быстрая зарядка	Отрицательное	Отрицательное	Нейтральное
Быстросменная батарея	Положительное	Отрицательное	Положительное
Увеличение парка машин	Нейтральное	Положительное	Отрицательное
- Bottom Panel (Accepted Solution):** Titled 'Принятое решение' (Accepted solution). It shows the decision: 'Принято решение предусмотреть для модификаций "Орион Карго" и "Орион Сервис" вариант батарейного модуля увеличенной ёмкости, сохранив базовую батарею для "Орион Лайт"'. Below this, requirements are listed:
 - ✓ RQ-389 Для модификации "Орион Карго" должен быть реализован батарейный модуль увеличенной ёмкости
 - ✓ RQ-390 Для модификации "Орион Сервис" должен быть реализован батарейный модуль увеличенной ёмкости
 - + RQ-392 Для модификации "Орион Лайт" должен быть реализован базовый батарейный модульAn orange arrow points from this section back to the 'Запросы на решение' section.

Принятое решение и появившиеся из-за него требования

Связь требований к модулям и опциям конструкции

Набор опций и их пересечений позволяют управлять вариативностью изделия

Менеджер конфигураций - T-FLEX DOCs Инструменты разработки

Наименование: Orion Карго

Обозначение: Orion Карго

Описание: Проектные номера изделий Серийные номера

Цифровой макет Опции

Активные опции

Наименование опции	Наименование значения
Режим ограничения скорости	До 10 км/ч
Режим ограничения скорости	До 20 км/ч
Режим ограничения скорости	До 30 км/ч
Тип батарейного модуля	Базовая
Тип батарейного модуля	Быстросменная
Тип батарейного модуля	С увеличенной ёмкостью
Тип кабины	Закрытая
Тип кабины	Закрытая с отоплением
Тип кабины	Открытая
Тип кузова	Грузовой
Цвет кузова	Белый

Значения опций в модификациях изделия

Связи требований со значениями опций

Автомобиль "Орион"

Требования

- Требования к модульной архитектуре
- Общие требования
 - Конструкция должна позволять окрашивать автомобиль в корпоративный цвет заказчика
 - Должна быть предусмотрена опция отапливаемой кабины для модификаций, эксплуатируемых в холодных регионах
 - Для модификации "Орион Карго" должен быть реализован батарейный модуль увеличенной ёмкости
 - Для модификации "Орион Сервис" должен быть реализован батарейный модуль увеличенной ёмкости
 - Для модификации "Орион Лайт" должен быть реализован базовый батарейный модуль
- Требования к платформенным компонентам
- Требования к вариативным компонентам
- Контекст системы
- Функциональная архитектура
- Логическая архитектура
 - Дерево логической архитектуры
 - Логические блоки
 - Платформенные компоненты
 - Вариативные компоненты
 - Пассажирский кузовной модуль
 - Грузовой кузовной модуль
 - Сервисный кузовной модуль
 - Модуль фиксации груза
 - Батарейный модуль базовой ёмкости
 - Инструментальный шкаф

Диаграмма требований

Q-390: Для модификации "Орион Сервис" должен быть реализован батарейный модуль увеличенной ёмкости

Q-389: Для модификации "Орион Карго" должен быть реализован батарейный модуль увеличенной ёмкости

Q-392: Для модификации "Орион Лайт" должен быть реализован базовый батарейный модуль

Батарейный модуль увеличенной ёмкости

Батарейный модуль базовой ёмкости

Свойства

Код: RQ-390

№: 19.05.2026

Текст: Для модификации "Орион Сервис" должен быть реализован батарейный модуль увеличенной ёмкости

Текст (форматированный): Для модификации "Орион Сервис" должен быть реализован батарейный модуль увеличенной ёмкости

Срок: 19.05.2026

Этап проекта: не задано

Связи требований с модулями изделия

Таблица суммарных пересечений

	Тип кузова	Тип кабины						
		Грузовой	Грузовой	Грузовой	Грузовой	Пассажирский	Пассажирский	Пассажирский
Тип батарейного модуля	Базовая	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Быстросменная	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	С увеличенной ёмкостью	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Цвет кузова	Белый	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Корпоративный цвет заказчика	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Режим ограничения скорости	Сигнальный оранжевый	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	До 10 км/ч	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	До 20 км/ч	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	До 30 км/ч	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Таблица, задающая допустимые сочетания значений опций

Логические блоки – объекты конфигурирования

Мы можем управлять их применяемостью в изделиях и их модификациях

The screenshot displays the T-FLEX PLM software interface for configuring the 'Автомобиль "Орион"'. The interface is divided into several panels:

- Left Panel (Configuration):** Shows a tree view of logical blocks under 'Автомобиль "Орион"'. The 'Логические блоки' folder is expanded, showing various modules like 'Пассажирский кузовной модуль', 'Грузовой кузовной модуль', and 'Батарейный модуль увеличенной ёмкости'. A callout box points to this last module with the text: 'Деление изделия на модули через логические блоки'.
- Top Panel (Criteria):** A table with columns 'Критерий' and 'Значение'. It lists criteria such as 'Изделие' (Орион Сервис - Ор...), 'Номер' (0), 'Веха' (0), 'Серийный...' ([не задано]), 'Опции' (Сервисный), 'Дата' (Сегодня), 'Контекст' (Основной), 'Тип струк...' (Конструкторская), 'Вариант ст...' (Базовый), 'Категории' (Все), and 'Файлы' ([не задано]).
- Table (Applicability):** A table with columns 'Применяемость', 'Дата начала', 'Вариант структуры', and 'Опции'. It shows two rows of applicability data for different vehicle configurations.
- Diagram Panel (Requirements Diagram):** A 'Диаграмма требований' showing relationships between requirements RQ-389, RQ-390, and RQ-392. RQ-389 and RQ-390 are linked to 'Батарейный модуль базовой ёмкости', while RQ-390 and RQ-392 are linked to 'Батарейный модуль увеличенной ёмкости'.
- Properties Panel (Properties):** Shows details for the selected 'Батарейный модуль увеличенной ёмкости'. It includes fields for 'Наименование', 'Тип' (Логический блок), 'Система' (Автомобиль "Орион"), 'Ревизия' (A.1), 'Вид компонента' (Покупной компонент), and 'Тип модуля' (Вариативный компонент). A 'Решения' table is also visible at the bottom.

Деление изделия на модули
через логические блоки

Решение «сделать или купить?»

Выбираем компонент и создаем запрос на решение

The screenshot displays the T-FLEX PLM software interface for the "Автомобиль "Орион" - T-FLEX DOCs Инструменты разработки". The left sidebar shows a tree view of the project structure, with "Логические блоки" expanded to show "Тормозной модуль" and its sub-item "Реализация тормозного модуля". The main workspace shows a "Дерево логической архитектуры" (Logical Architecture Tree) for "Автомобиль "Орион"". The tree is divided into "Платформенные компоненты" (Platform components) and "Вариативные компоненты" (Variant components). The "Тормозной модуль" (Brake module) is highlighted in red, and an orange arrow points from it to the "Реализация тормозного модуля" (Brake module implementation) entry in the decision request form below.

The decision request form is titled "Изменить" (Change) and has tabs for "Основная информация" (Main information), "Критерии" (Criteria), and "Анализ альтернатив" (Alternative analysis). The "Основная информация" tab is active, showing the following details:

- Наименование: Реализация тормозного модуля
- Дата создания: 15.05.2026 15:39
- Контекст принятия решений: Проект ТС малой мобильности
- Описание запроса: Разрабатывать тормозной модуль самостоятельно или использовать покупное решение?
- Цели принятия решения: Выбрать стратегию реализации модуля
- Объекты решения: Блоки (Логический блок) - Тормозной модуль
- Лица принимающие решения: Алексей Орлов (Генеральный директор), Игорь Ковалёв (Главный конструктор)

Решение «сделать или купить?»

Анализируем альтернативы, принимаем обоснованное решение

Альтернативы и их оценка по заданным критериям

Наименование	Влияние на снижение проектных рисков	Влияние на скорость запуска	Влияние на прибыльность в перспективе 10 лет
Купить готовый	Положительное	Положительное	Нейтральное
Разработать свой	Отрицательное	Отрицательное	Нейтральное

Принятое решение и его обоснование

Наименование	Описание	Обоснование
Покупка тормозного модуля	Принято решение использовать покупной тормозной модуль с адаптацией креплений и диагностического интерфейса под платформу «Орион».	Тормозной модуль критичен для безопасности, но не является уникальной компетенцией АО «ТехноДрайв». Покупное проверенное решение снижает риски отказов, ускоряет запуск первой версии изделия и уменьшает объём собственных испытаний.

Связанные с решением риски и требования

- Риски**
 - ⚠ Зависимость от поставщика: Сроки, цена и доступность тормозного модуля будут зависеть от внешнего поставщика.
 - ⚠ Усложнение диагностики и обслуживания: Если диагностический интерфейс модуля не будет адаптирован, сервисная служба не сможет быстро выявлять неисправности тормозной системы.
- Логические блоки**
 - Тормозной модуль
- Требования**
 - ☑ RQ-393: Тормозной модуль должен устанавливаться на платформу через адаптированные механические крепления без изменения базовой конструкции рамы-шасси.
 - ☑ RQ-394: Тормозной модуль должен передавать в блок управления платформой данные о состоянии, неисправностях и критических отказах.

Границы изделия и границы кооперации влияют друг на друга

Архитектурные и организационные решения в едином контуре

Участники кооперации, их зоны ответственности и связанные риски

Наименование	Тип	Организация
ООО «СервисБокс Инжиниринг»	Кооперант	ООО «СервисБокс Инжиниринг»
ООО «ЭнергоМодуль»	Кооперант	ООО «ЭнергоМодуль»
ООО «Композит-Кузов»	Кооперант	ООО «Композит-Кузов»
ООО «Кабельные системы»	Кооперант	ООО «Кабельные системы»

Код	Наименование	Причина
RSK - 021	Зависимость от уникальных компонентов кооперанта	Наличие уникальных компонентов
RSK - 019	Нарушение сроков проектирования кооперантом	Высокая загрузка кооперантом

Границы между компонентами могут определять состав кооперации – или формироваться под него

От структуры изделия – к структуре работ

Разрабатываемые компоненты — внутренние работы, кооперированные — работы партнёров

The screenshot displays a project management tool with a Gantt chart and a requirements table. The Gantt chart shows the schedule for various components from 2024 to 2028. The requirements table lists specific requirements for the 'Passenger body module' component.

Наименование	Вид модуля	Начало	Оконча...	Процент выпол...	2024	2025	2026	2027	2028
План-график работ в кооперации		01.05.2025	01.11.2028	61%	01.05.2025				
Платформенные компоненты	Разрабатываемый компонент	01.05.2025	31.01.2027	59%	01.05.2025			31.01.2027	
Рама-шасси	Разрабатываемый компонент	01.05.2025	31.08.2026	63%	01.05.2025		31.08.2026		
Разработка конструкции рамы-шасси		01.05.2025	31.08.2025	100%	01.05.2025				
Выпуск КД и подготовка опытного образца		01.04.2026	31.08.2026	33%		01.04.2026			
Ходовой модуль	Кооперированный компонент	01.07.2025	31.01.2027	56%	01.07.2025			31.01.2027	
Формирование спецификации интерфейсов с рамой-шасси		01.07.2025	31.10.2025	100%	01.07.2025				
Интеграция и приёмочные испытания ходового модуля		01.08.2026	31.01.2027	0%			01.08.2026		
ООО "МехаТранс Узлы"		01.11.2025	31.07.2026	74%	01.11.2025		31.07.2026		
Проектирование переднего и заднего ходовых узлов		01.11.2025	31.07.2026	74%	01.11.2025		31.07.2026		
Вариативные компоненты	Разрабатываемый компонент	01.10.2025	30.09.2026	64%	01.10.2025		30.09.2026		
Пассажирский кузовной модуль	Кооперированный компонент	01.10.2025	30.09.2026	64%	01.10.2025		30.09.2026		
Формирование ТЗ и спецификации интерфейсов с платформой		01.10.2025	31.01.2026	100%	01.10.2025				
ООО "Композит-Кузов"		01.02.2026	30.09.2026	45%		01.02.2026		30.09.2026	
Проектирование пассажирского кузовного модуля									

Код	Текст
<input checked="" type="checkbox"/> RQ-395	Пассажирский кузовной модуль должен обеспечивать размещение водителя и не менее одного пассажира.
<input checked="" type="checkbox"/> RQ-396	Пассажирский кузовной модуль должен иметь элементы удержания пассажира: сиденье, поручень или иной элемент безопасной фиксации при движении.
<input checked="" type="checkbox"/> RQ-397	Пассажирский кузовной модуль должен допускать автономную сборку и предварительный контроль качества до установки на платформу.

Компонент, связанные с ним внутренние и внешние работы

Требования к компоненту

Связь требований, архитектуры изделия и конструкции

Системная архитектура – связующее звено между требованиями, проектом и реализацией

От архитектуры к вариантам инженерной реализации

The screenshot displays the T-FLEX PLM software interface, illustrating the relationship between requirements, architecture, and product structure. The main window is titled "Автомобиль 'Орион' - T-FLEX DOCs Инструменты разработки".

Left Panel (Requirements): A tree view shows the hierarchy of requirements for the "Автомобиль 'Орион'" project. Key requirements include:

- Для модификации "Орион Сервис" должен быть реализован батарейный модуль увеличенной ёмкости
- Для модификации "Орион Кargo" должен быть реализован батарейный модуль увеличенной ёмкости
- Для модификации "Орион Лайт" должен быть реализован базовый батарейный модуль

Center Panel (Requirements Diagram): A diagram titled "Диаграмма требований" shows three requirement boxes (RQ-390, RQ-389, RQ-392) connected to a central component box "Батарейный модуль увеличенной ёмкости".

Right Panel (Product Structure): A tree view shows the product structure, including the "Ходовой модуль" (Chassis Module) and "Колесная система" (Wheel System). The "Колесная система" is further detailed in a table:

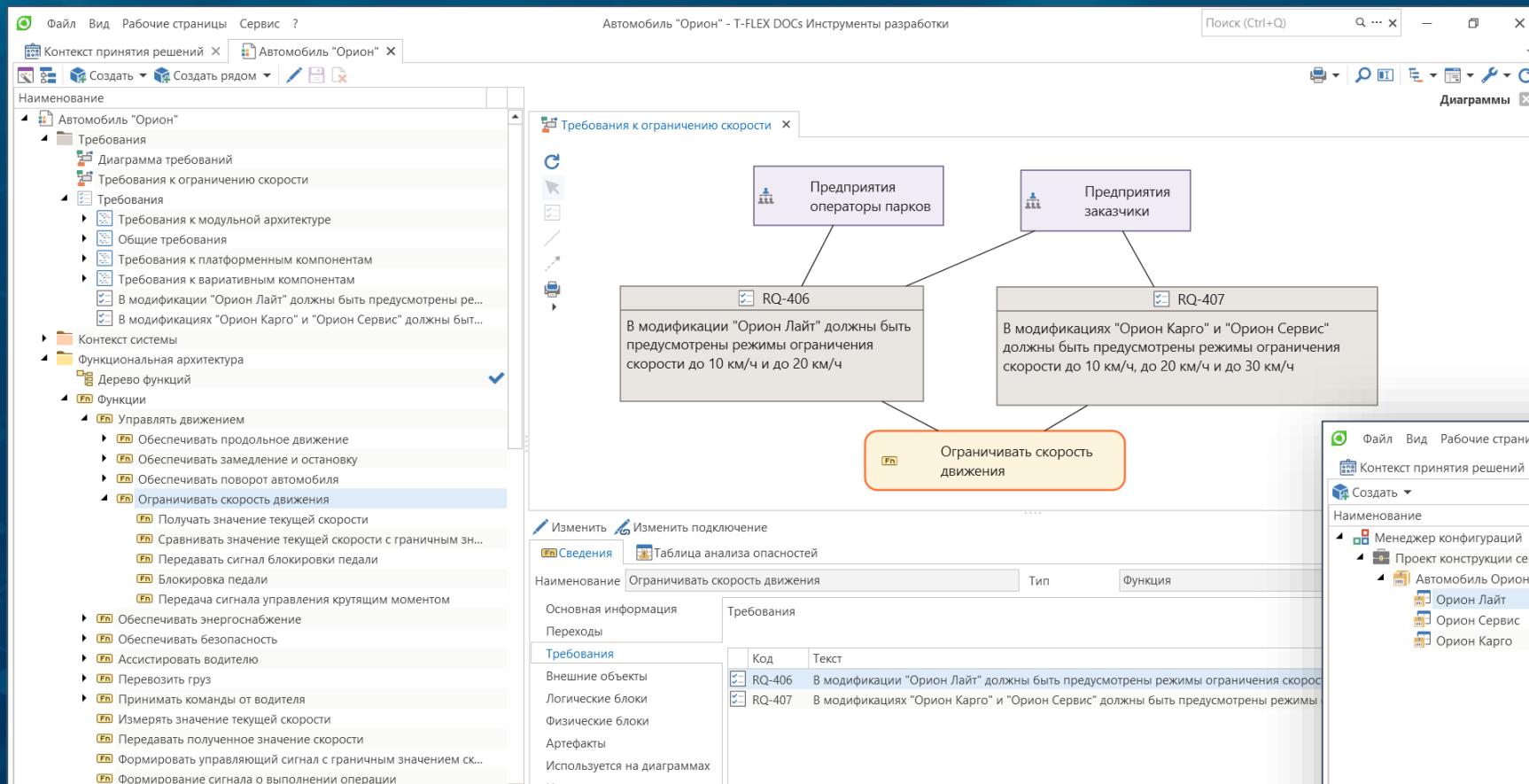
Наименование	Обозн.	П. К.	Изменить
Раздел спецификации:			
Колесо переднее правое в сборе Литое R19	K3.000...		
Колесо переднее левое в сборе Литое R19	K2.000...		
Колесо заднее правое в сборе Литое R19	K4.000...		
Колесо заднее левое в сборе Литое R19	K1.000...		

Bottom Panel (Product Structure): A detailed view of the "Колесная система" (Wheel System) shows its functional decomposition into various components like "Колесная система(1)", "Колесная система(2)", etc., and "Тормозной модуль" (Brake Module).

Компоненты архитектуры связаны с требованиями к ним

Поговорим о безопасности

От требований к функциям изделия



Требования порождают функции и опции изделия

Функции отвечают на вопросы «что система делает?», «каким поведением обладает?»

Configuration Manager - T-FLEX DC

Наименование опции	Наименование значения опции
Режим ограничения скорости	До 10 км/ч
Режим ограничения скорости	До 20 км/ч
Тип батарейного модуля	Базовая
Тип батарейного модуля	С увеличенной ёмкостью
Тип кабины	Закрытая
Тип кабины	Закрытая с отоплением
Тип кабины	Открытая
Тип кузова	Пассажирский
Цвет кузова	Белый
Цвет кузова	Корпоративный цвет заказчика
Цвет кузова	Сигнальный оранжевый

От сценариев использования к эксплуатационным ситуациям

Фазы эксплуатации, условия внешней среды

The screenshot shows a software development environment with a file explorer on the left and a main workspace. The file explorer shows a hierarchy for 'Автомобиль "Орион"', including 'Условия эксплуатации', 'Фазы эксплуатации', and 'Типы условия среды'. The main workspace displays a diagram titled 'Сценарий взаимодействия водителя и автомобиля' with a central 'Водитель' node connected to five functional nodes: 'Перевозка людей и малых грузов', 'Зарядка', 'Перевозка оборудования и материалов', 'Фиксация грузов', and 'Движение в зоне пешеходов'. A table at the bottom lists 'Эксплуатационные ситуации' with columns for 'Наименование', 'Маневр', and 'Условия среды'. An orange arrow points from the 'Фазы эксплуатации и условия среды' box to the 'Условия эксплуатации' folder in the file explorer. Another orange arrow points from the 'Обгон при частичной загрузке; движение в потоке' row in the table to the 'Комбинации фаз и условий среды...' box.

Фазы эксплуатации и условия среды

Пользователь и его сценарии использования автомобиля

Комбинации фаз и условий среды в эксплуатационных ситуациях

Наименование	Маневр	Условия среды
Движение задним ходом в зоне погрузки	Движение задним ходом	Сухое покрытие; Складская зона;...
Движение по прямой с полной посадкой в условиях ограниченной видимости	Движение по прямой	Территория кампуса; Снег и лед;...
Обгон при частичной загрузке; движение в потоке	Обгон	Движение в потоке автомобилей;...

Как и в какой ситуации функция может «поломаться» (HARA)

Анализ опасностей и оценка рисков

Автомобиль "Орион" - T-FLEX DOCs Инструменты разработки

Поиск (Ctrl+Q)

Наименование

- Автомобиль "Орион"
 - Требования
 - Контекст системы
 - Условия эксплуатации
 - Стейхолдеры
 - Контекстные диаграммы
 - Внешние интерфейсы системы
 - Пользовательские сценарии
 - Функциональная архитектура
 - Дерево функций
 - Функции
 - Управлять движением
 - Обеспечивать продольное дви...
 - Обеспечивать замедление и ос...
 - Обеспечивать поворот автомо...
 - Ограничивать скорость движен...
 - Получать значение текущей...
 - Сравнивать значение текущ...
 - Передавать сигнал блокиро...
 - Блокировка педали
 - Передача сигнала управлен...
 - Обеспечивать энергоснабжение
 - Обеспечивать безопасность
 - Ассистировать водителю
 - Перевозить груз
 - Принимать команды от водителя
 - Измерять значение текущей скоро...
 - Передавать полученное значение...
 - Формировать управляющий сигнала...
 - Формирование сигнала о выполне...
 - Логические сценарии
 - Физические сценарии
 - Структурно-функциональные диаграм...
 - Логическая архитектура

Дерево функций

Автомобиль "Орион"

Управлять движением

Обеспечивать поворот автомобиля

Ограничивать скорость движения

Считать положение педали акселератора

Поворачивать управляемые колеса

Регулировать рулевое усилие

Получать значение текущей скорости

Сравнивать значение текущей скорости с гран...

Передавать сигнал блокировки педали

Блокировка педали

Передача сигнала управления крутящим мом...

Изменить Изменить подключение

Сведения Таблица анализа опасностей

Опасности, их критичность, последствие и цели безопасности

Неправильное поведение	Опасность	Сценарий эксплуатации	Тяжесть	Воздействие	Управляемость	УПБА(ASIL)	Последствия	Цель безопасности
Резкое увеличение скорости	Непреднамеренное увеличение скорости	Движение по прямой с полной посадкой в условиях ограниченной видимости	S3	E3	C3	C	Авария с участием пешеходов и пассажиров	Предотвратить непреднамеренное увеличение скорости
Резкое увеличение скорости	Непреднамеренное увеличение скорости	Поворот на скользкой дороге без пассажиров и груза	S2	E2	C3	A	Вылет автомобиля с трассы	[не задано]
Резкое увеличение скорости	Непреднамеренное увеличение скорости	Обгон при полной загрузке и движении в потоке	S3	E3	C3	C	Столкновение с встречным автомобилем	Предотвратить непреднамеренное увеличение скорости
Резкое увеличение скорости	Непреднамеренное увеличение скорости	Движение задним ходом в зоне погрузки	S1	E1	C2	QM	Столкновение с погрузчиком	[не задано]
Ограничение срабатывает при скорости ниже заданного значения	Непреднамеренное снижение скорости автомобиля	Движение по прямой по пустой территории кампуса без пассажиров	S0	E1	C1	[не задано]	Отсутствие последствий	[не задано]

От целей безопасности к требованиям

Получаем новые требования безопасности

The screenshot displays the T-FLEX PLM software interface for the "Автомобиль 'Орион'" project. The left sidebar shows a project tree with folders for "Требования", "Контекст системы", "Условия эксплуатации", "Стейкхолдеры", "Контекстные диаграммы", "Внешние интерфейсы системы", "Пользовательские сценарии", "Функциональная архитектура", "Дерево функций", and "Функции".

The main window shows a hierarchy of safety goals and requirements:

- Цели безопасности
 - Предотвратить непреднамеренное увеличение скорости
 - Требование
 - Вычисление скорости должно проводиться как минимум по двум независимым каналам
 - Система должна быть оснащена алгоритмом для анализа возможного сбоя неправильного вычисления скорости
 - Алгоритм ограничения скорости должен находиться в пассивном состоянии если значение скорости менее 0.9 от граничного значения
 - Предотвратить ограничение скорости ниже заданного предела (highlighted with an orange box and arrow)
 - Требование
 - Вычисление скорости должно проводиться как минимум по двум независимым каналам
 - При превышении граничного значения скорости система должна устанавливать запрет на увеличение крутящего момента
 - Система должна зафиксировать спад ускорения автомобиля в течение 400 мс после подачи соответствующего сигнала
 - Автомобиль должен быть оснащен функцией безопасного отключения крутящего момента

At the bottom, a table titled "Таблица анализа опасностей" (Risk Analysis Table) is visible, showing various hazards and their associated risks.

Неправильное поведение	Опасность	Сценарий эксплуатации	Тяжесть	Воздействие	Управляемость	УПБА(ASIL)	Последствия	Цель безопасности
Резкое увеличение скорости	Непреднамеренное увеличение скорости	Движение по прямой с полной посадкой в условиях ограниченной видимости	S3	E3	C3	C	Авария с участием пешеходов и пассажиров	Предотвратить непреднамеренное увеличение скорости
Резкое увеличение скорости	Непреднамеренное увеличение скорости	Поворот на скользкой дороге без пассажиров и груза	S2	E2	C3	A	Вылет автомобиля с трассы	[не задано]
Резкое увеличение скорости	Непреднамеренное увеличение скорости	Обгон при полной загрузке и движении в потоке	S3	E3	C3	C	Столкновение с встречным автомобилем	Предотвратить непреднамеренное увеличение скорости
Резкое увеличение скорости	Непреднамеренное увеличение скорости	Движение задним ходом в зоне погрузки	S1	E1	C2	QM	Столкновение с погрузчиком	[не задано]
Ограничение срабатывает при скорости ниже заданного значения	Непреднамеренное снижение скорости автомобиля	Движение по прямой по пустой территории кампуса без пассажиров	S0	E1	C1	[не задано]	Отсутствие последствий	[не задано]

Моделирование поведения изделия

Анализ видов и последствий отказов модуля (FMEA)

Автомобиль "Орион" - T-FLEX DOCs Инструменты разработки

Сценарий: функции, реализующие их модули и интерфейсы

Анализ последствия отказов всех функций модуля

Наименование	Тяжесть последствий	Вероятность	Обнаружение отказа	RPN	Последствия	Метод обнаружения
Блок управления платформой						
Получать значение текущей скорости						
Fn Значение не передается	7	5	5	175	Ограничение скорости не выполняется	Непрерывный мониторинг
Fn Значение получено с запозданием	4	3	5	60	Ограничение скорости выполняется с запозданием	Непрерывный мониторинг
Fn Получено неверное значение	5	2	5	50	Ограничение срабатывает при скорости выше заданного значения; Ограничение срабатывает при скорости ниже	

Анализ отказов модуля приводит к инженерным решениям

Результат – снижение риска отказа

Скорректированная оценка риска отказа с учетом принятых технических решений

Наименование	Тяжесть	Вероятность	Обнаруживаемость	RPN	Последствия	Решения	Тяжесть кор.	Вероятность кор.	Обнаруживаемость кор.	RPN кор.
Получать значение текущей скорости										
Значение не приходит с основного датчика	7	5	5	175	Ограничение скорости не выполняется	Разработка алгоритма диагностики сигнала скорости; Разработка алгоритма автоматического переключения на резервный датчик скорости	7	3	3	63
Значение не приходит с двух датчиков	7	3	5	105	Ограничение скорости не выполняется	Разработка узла независимого электропитания датчиков скорости	7	1	5	35
Значение получено с запозданием	4	3	3	36	Ограничение скорости выполняется с запозданием		[не задано]	[не задано]	[не задано]	
Получено неверное значение	5	2	3	30	Ограничение срабатывает при скорости выше заданного значения; Ограничение срабатывает при скорости ниже заданного значения		[не задано]	[не задано]	[не задано]	

КАРОЛИНА ЛАЦЕРУС

Руководитель продуктов T-FLEX Управление требованиями
и T-FLEX Системная инженерия

Latserus@topsystems.ru

+79162833076



Telegram