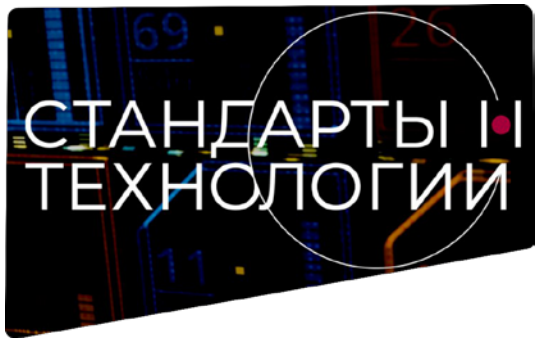


Стандартизация требований к модели данных и нейтральному формату представления 3D моделей и чертежей

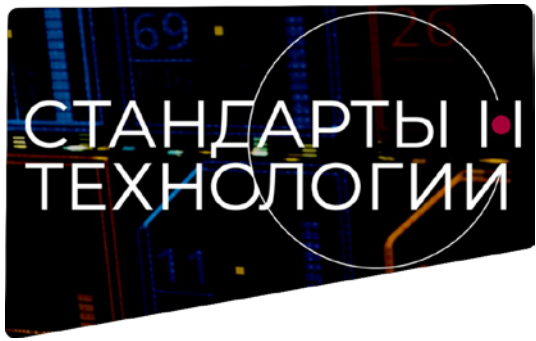
Козлов Сергей Юрьевич
Директор по разработке
АО «Топ Системы»



Актуальность задачи

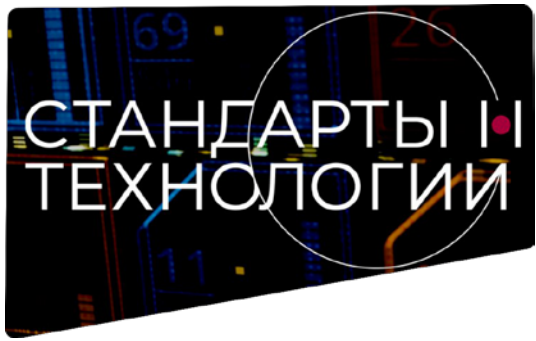
Стандарт должен обеспечивать:

- Полноту информации об изделии, включая геометрию, представления, технические требования (PMI)
- Интероперабельность. Надёжный обмен данными между различными системами класса CAD/CAM/CAE
- Долговременное хранение данных об изделии
- Расширяемость
- Используемые в настоящее время форматы не обеспечивают выполнение этих требований



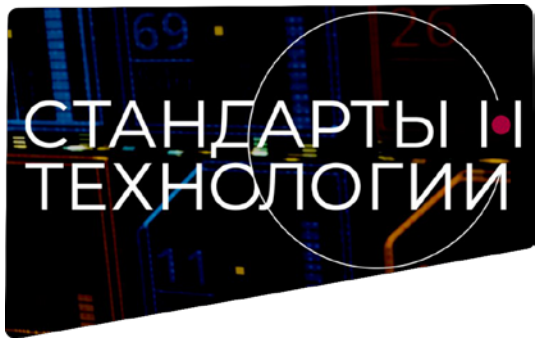
Актуальность задачи

- Разработка комплекса национальных стандартов, описывающих конструкцию изделия в объёме, достаточном для его изготовления и обеспечения эксплуатации: структура, форма и размеры (геометрия), технические требования, материалы физические и иные свойства изделия, 2D и 3D представления



Форматы, применяемые сейчас

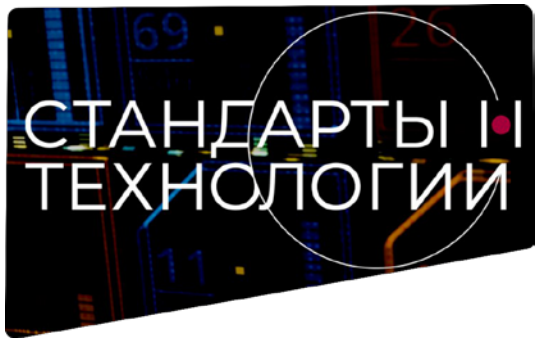
- «Родные» (нативные) форматы
 - Компас (несколько форматов)
 - T-FLEX CAD
- STEP (ISO 10303)
- C3D, RGK, Parasolid, SAT, ...
- DWG/DXF
- JT
- PDF (включая 3D PDF)
- Сеточные форматы (X3D, VRML, GLTF, STL)



Основа для принятия комплекса стандартов

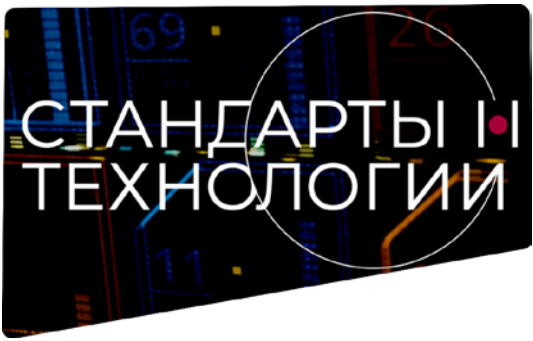
Основа для разработки комплекса стандартов:

- Международные стандарты серии 10303 (STEP) с необходимыми добавлениями и уточнениями
- Опыт использования существующих форматов
- Опыт разработчиков
- Требования пользователей/заказчиков



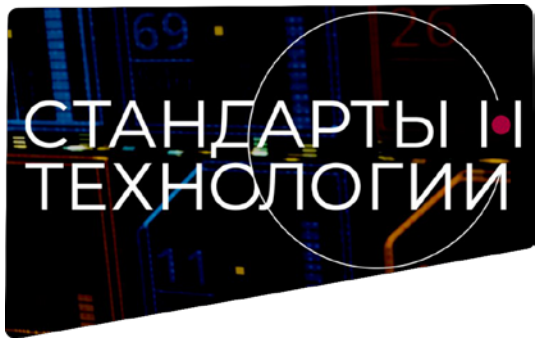
Цель

- Практическая цель – создание силами российских разработчиков комплекса отечественных программных средств, способных работать с таким стандартизированным представлением, что обеспечит эффективное и надёжное представление данных CAD/CAM/CAE систем



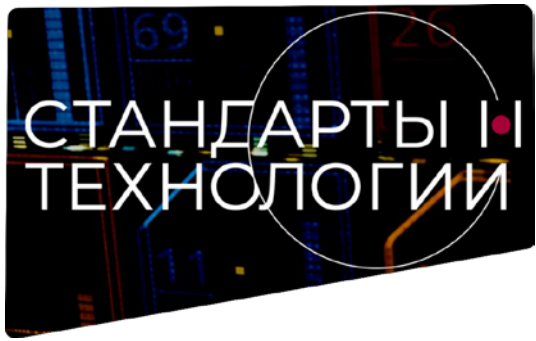
План работ

- Имеется меморандум о совместной работе над стандартом
 - Прикладная логистика
 - АСКОН
 - Топ Системы
- В 2024 совместными усилиями разработан первый стандарт этой группы («Электронная структура изделия»), содержащий детализированную информационную модель и устанавливающий требования к возможным форматам её представления (JSON, STEP P21)
- В 2025 году будет продолжена работа по согласованию модели данных и синтаксиса формата



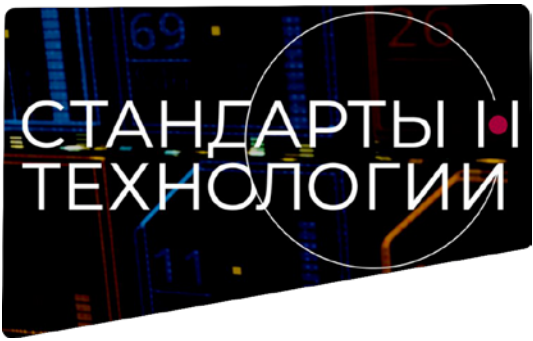
Требования к формату представления

- Полноценное представление чертежей и 3D моделей
- Полная ассоциативность между чертежами, 3D моделью, объектами технических требований (PMI)
- Полностью открытая спецификация формата
- 2 нотации: текстовая и бинарная. Понятный и прозрачный алгоритм преобразования между нотациями. Сжатие бинарного формата
- Размещение данных в типизированных разделах (контейнерах)
- Объектно-ориентированный подход



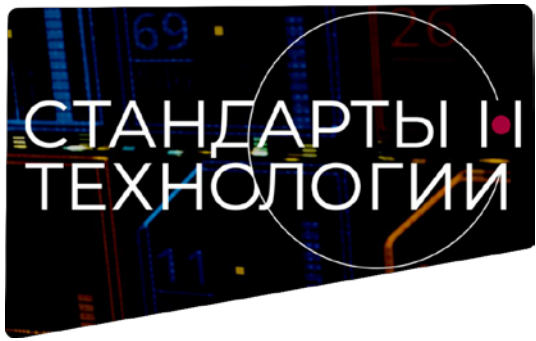
Современный стандарт с цифровым содержанием

- Открытая опубликованная спецификация
- Открытая (Open Source) программная библиотека записи/чтения
- Открытый портал для верификации данных в этом формате
- Открытый и понятный регламент согласования и внесения изменений в формат



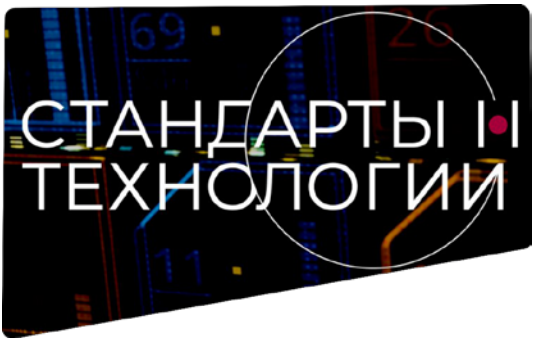
Основные характеристики формата

- Открытая опубликованная спецификация (XML/JSON схема)
- Открытая программная библиотека записи/чтения (доступная в исходных кодах)
- Объектно-ориентированная модель. Основана на иерархии классов объектов модели
- Типизированные контейнеры объектов с возможностью параллельного чтения



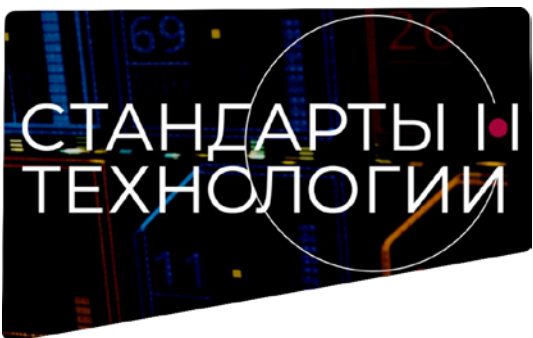
Основные разделы (контейнеры)

- Геометрия объектов
- Материалы
- Представления
- Стили
- Листы (страницы)
 - Чертежи
 - Проекционные виды
 - Текстовые документы
- Группы объектов
- Сетки
- Вспомогательные объекты
- Объекты оформления (PMI)
- Метафайлы
- Топологические объекты
- Внешние ссылки
- Виды
- Сценарии



Перспективные разделы (обсуждаются)

- Объекты параметризации
 - Эскизы
 - Переменные, выражения, объекты конфигурирования
 - Ограничения
 - История операций
- Расчётные задачи (CAE)
 - Расчётные сетки
 - Граничные условия
 - Результаты расчётов
- Объекты ТПП (CAM)
 - Технологические операции
 - Инструмент
 - Оборудование
 - Траектории обработки



Основные разделы формата

Наименование	Идентификатор	Идентификатор STEP	Тип	Описание
Спецификация формата (предварительная в...)			Спецификация формата	
Типы объектов (абстрактные)			Вспомогательная папка	Вспомогательная папка (в структуру цифровой модели не входит)
Документ			Документ	Документ
Параметры документа	DocumentParameters		Раздел документа (контейнер)	Контейнер общих параметров цифровой модели
Геометрические объекты	Geometries		Раздел документа (контейнер)	Контейнер геометрических объектов (тел, поверхностей, кривых)
Геометрия	Geometries		Контейнер	Контейнер базовых геометрических объектов (без обрезки)
Кривые	Curves		Контейнер	Контейнер кривых
Кривая	Curve	curve	Тип	Базовый тип 3D кривой
Порождённые типы			Порождённые типы	Порождённые типы кривых
Отрезок	Line	line	Тип	3D отрезок
Окружность	Circle	circle	Тип	3D окружность
Эллипс	Ellipse	ellipse	Тип	3D эллипс
NURBS кривая	BCurve	rational_b_spline_curve	Тип	3D NURBS кривая
Кривая на поверхности	PCurve	surface_curve	Тип	3D кривая на поверхности
Кривая пересечения	ICurve	intersection_curve	Тип	3D кривая пересечения
Полилиния	Polyline	polyline	Тип	3D полилиния
Кривая смещения	OffsetCurve2D	offset_curve_2d	Тип	Кривая смещения для плоской кривой
Поверхности	Surfaces		Контейнер	Контейнер поверхностей
Поверхность	Surface	surface	Тип	Базовый тип 3D поверхности
Порождённые типы			Порождённые типы	Порождённые типы 3D поверхностей
Плоская поверхность	Plane	plane	Тип	Плоская поверхность
Цилиндрическая поверх...	CylindricalSurface	cylindrical_surface	Тип	Цилиндрическая поверхность
Коническая поверхность	ConicalSurface		Тип	Коническая поверхность
Сферическая поверхно...	SphericalSurface	spherical_surface	Тип	Сферическая поверхность
Тороидальная поверхн...	ToroidalSurface	toroidal_surface	Тип	Тороидальная поверхность
NURBS поверхность	NURBSurface	rational_b_spline_surface	Тип	NURBS поверхность
Поверхность смещения	OffsetSurface	offset_surface	Тип	Поверхность смещения
Копия поверхности	CopySurface	surface_replica	Тип	Копия поверхности
Точки	Points		Контейнер	Контейнер точек
Тела	Bodies		Контейнер	Контейнер конечных геометрических объектов (BRep)
Тело	Body	body	Тип	Конечный геометрический объект (BRep)
Атрибуты	Attributes		Контейнер	Контейнер атрибутов геометрического объекта
Топологические объекты	Topols		Контейнер	Контейнер топологических объектов геометрического объекта (BRep)
Вершины	Vertices		Контейнер	Контейнер вершин геометрического объекта
Вершина	Vertex	vertex	Тип	Вершина геометрического объекта
Ребра	Edges		Контейнер	Контейнер ребер (кромки) геометрического объекта
Ребро	Edge	edge	Тип	Ребро (кромка) геометрического объекта
Грани	Faces		Контейнер	Контейнер граней геометрического объекта
Регионы	Regions		Контейнер	Контейнер регионов геометрического объекта

Примеры разделов в формате STEP

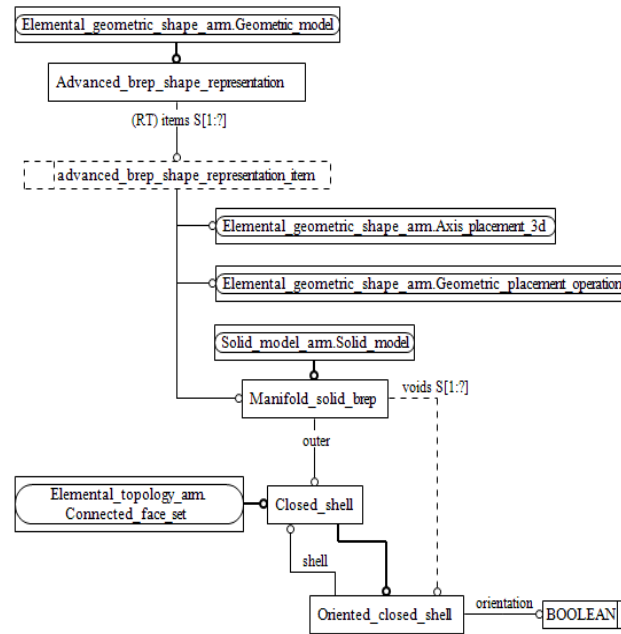


Figure C.2 — ARM entity level EXPRESS-G diagram 1 of 1

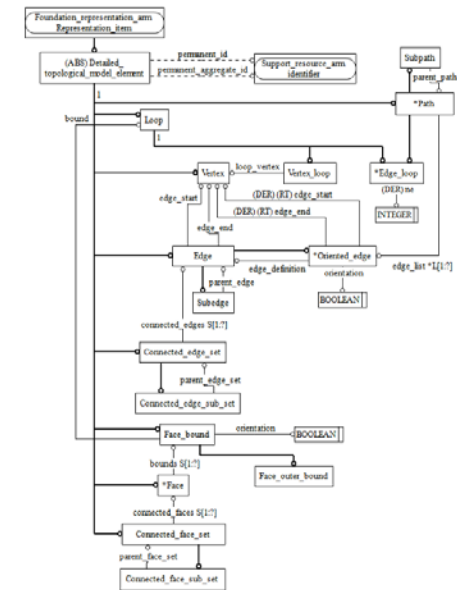
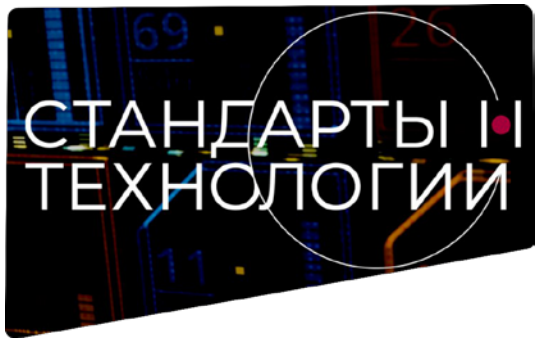


Figure C.2 — ARM entity level EXPRESS-G diagram 1 of 1



Практические результаты

2025 год:

- Спецификация модели данных основных разделов формата RST
- Пилотная версия библиотеки с открытым исходным кодом
- Первые версии конвертера RST для T-FLEX CAD и Компас

2026 год:

- Промышленная версия конвертера RST