# Нормативная база
# Основные определения в области проектирования и подготовки производства

***План занятий:***

1. *Международная система стандартизации*
2. *Национальные системы стандартизации.*
3. *Российская национальная система стандартизации.*
4. *Основные определения в области проектирования в стандартах CALS.*

## *Международная система стандартизации*

Международная стандартизация подразумевает под собой деятельность международных организаций по стандартизации, результатом которой является разработка и публикация международных стандартов, руководств, рекомендаций, технических отчетов и другой научно-технической продукции.

**На сегодняшний момент существуют междунар.организации по стандартизации:** Именно эти организации признаны всеми странами и имеют полномочия издавать международные стандарты, называемые также стандартами де-юре или формальными стандартами. Таким образом, формальными стандартами являются международные стандарты ISO, IEC и рекомендации ITU. Сферы интересов этих организаций тесно переплетаются посредством организационных и технических деталей, что в значительной степени способствует целостности и гармонизации разрабатываемых ими стандартов. Благодаря тому, что стандарты де-юре разрабатываются и сопровождаются на хорошо регламентированной систематической базе, их совокупность можно считать системой международных стандартов.

I. ***ISO -*** International Organization for Standardization- **Международная организация по стандартизации**
II. ***IEC -*** International Electrotechnical Commission. **Стандарты МЭК. Международная электротехническая комиссия;**
III. ***ITU-*** International Telecommunication Union- **Международный союз электросвязи (МСЭ)**
IV. ***ICC -*** International Code Council **(Международный Совет по нормам и правилам).**

### Региональные организации стандартизации:

***1.CEN*** (European Committee for Standardization) **Европейский комитет по стандартизации. Стандарты CENELEC** (European Committee for Electrotechnical Standardization) **Европейский комитет по стандартизации в электротехнике.**

**2.ETSI** (European Telecommunications Standard Institute) **Европейский институт по стандартизации в области телекоммуникаций.**

***3.EASC*** (EuroAsian Interstate Council for Standardization, Metrology and Certification) **Евразийский международный совет по стандартизации, метрологии и сертификации.**

### Национальные системы стандартизации

**1.ANSI** *(American National Standards Institute)* - ***Американский Институт Национальных Стандартов*** обслуживает как администратор и координатор частного сектора Соединенных Штатов произвольную систему стандартизации в течение 80 лет**. ANSI не разрабатывает самостоятельно Американские Национальные стандарты (ANS), он только способствует их**

**разработке путем согласования между квалифицированными группами. ANSI - одна из нескольких организаций стандартов, работающих в области обмена данными об изделии.**

**2. MIL - *Военные стандарты, утверждаемые Министерством обороны США.***

**3.AFNOR** (Association Francaise de Normalisation) **- *Французская ассоциация стандартизации*.**

**4.BSI** (British Standards Institute) - ***Британский институт стандартов*.**

**5.DIN** (Deutsches Institute fur Normung e.v.) ***Германский институт национальных стандартов*.**

**6.JSA** (Japanese Industrial Standards Committee) ***Японская ассоциация стандартов***.

# Российская национальная система стандартизации.

**Основные требования и порядок работ многих направлений определены государственными стандартами. Так ГОСТ 1.XXX ..- Государственная система стандартизации (ГСС)**.

В России основные требования и порядок разработки конструкторской документации изложены в Единой системе конструкторской документации - **ЕСКД - ГОСТ 2.XXX...**

Основные требования и порядок разработки технологической документации изложены в единой системе технологической документации - **ЕСТД - ГОСТ 3.XXX...** Однако, технология проектирования и разработки изделий в последнее время значительно изменилась, что потребовало изменения, отмены и актуализации многих ГОСТов.

В условиях рыночной экономики и при стремлении России к широкой интеграции в международное сообщество остро встает вопрос о нормативном обеспечении такой интеллектуальной продукции, как техническая (конструкторская, технологическая и т.п.) документация, которая в новых условиях хозяйствования становится ценным объектом купли-продажи.

В нашей стране требования, правила, нормы выполнения и применения КД на продукцию установлены в стандартах и других нормативных документах Единой системы конструкторской документации (ЕСКД). Этот комплекс межгосударственных стандартов, действующий в Российской Федерации и странах-членах СНГ, распространяется, как известно, на все виды изделий и конструкторских документов как гражданского, так и военного назначения на нормативную, учетно-регистрационную, технологическую, программную и другие виды документации, а также на научно-техническую и учебную литературу.

**В Федеральном ЗАКОНЕ "О ТЕХНИЧЕСКОМ РЕГУЛИРОВАНИИ" (далее - ФЗ) провозглашен *принцип добровольности применения стандартов*, в том же ФЗ установлены *принципы***

***технического регулирования, основным из которых является принцип применения единых правил установления требований к продукции, процессам производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации.***

**В связи с этим, стандарты ЕСКД следует считать прямым предметом технического регулирования, т. к. они обеспечивают техническую и информационную совместимость и взаимозаменяемость продукции, установление нормативных требований к безопасности продукции, которые отражаются в конструкторской документации** (проектной и рабочей), например, в стадийности разработки, комплектности, требованиях к чертежам, схемам, текстовым документам, техническим условиям, эксплуатационным и ремонтным документам (руководствам по эксплуатации, формулярам, паспортам и т.д.).

Только применение стандартов ЕСКД в полном объеме делает возможным высококачественную разработку, изготовление, контроль, приемку, поставку, хранение, транспортирование, эксплуатацию, ремонт и утилизацию изделий машиностроения и приборостроения на всей территории Российской Федерации и в странах СНГ, так как в этих стандартах содержатся необходимые правила, требования и нормы, обеспечивающие весь жизненный цикл изделия.

Исходя из сказанного, логически напрашивается вывод, что невыполнение требований стандартов ЕСКД может привести к рассогласованию стадий и этапов жизненного цикла изделия, к несопоставимости информации в различных видах документов, и в итоге - к непредсказуемым последствиям.

**В настоящее время комплекс ЕСКД состоит из 161 стандарта, 6 рекомендаций и Классификатора ЕСКД. Стандарты разделены по группам следующим образом:**

- группа 1 "Основные положения" - 17 стандартов;
- группа 2 " Классификация и обозначение изделий и конструкторских документов" - 1 стандарт и 4 классификатора;
- **группа 3 " Общие правила выполнения чертежей" - 20 стандартов**;
- группа 4 " Правила выполнения чертежей различных изделий" - 28 стандартов;
- группа 5 "Правила изменения и обращения конструкторской документации" - 5 стандартов;
- группа 6 " Правила выполнения эксплуатационной и ремонтной документации" - 8 стандартов;
- группа 7 " Правила выполнения схем" - 66 стандартов, из которых 10 распространяются на общие требования и правила выполнения схем, 56 - на условные графические изображения (УГО) в схемах;
- группа 8 " Правила выполнения документов при макетном проектировании" - 4 стандарта;
- группа 9 "Прочие стандарты" - 8 стандартов.

Базовый (основополагающий) комплекс ЕСКД образуют 22 стандарта (см. приложение А). Среди них обращают на себя внимание ГОСТ 2.111-68, устанавливающий правила и требования нормативного контроля КД на всех стадиях и этапах ее выполнения для обеспечения высокого качества документации, ГОСТ 2.104-68, в котором установлено, что в конструкторских

документах обязательными являются подписи разработчика и нормоконтролера. Подпись последнего во многом аналогична подписи технического контроля на выпускаемую продукцию (изделия), так как свидетельствует о соответствии КД всем нормативным требованиям. Особое место в ЕСКД занимает классификационная система обозначения изделий и конструкторских документов, установленная ГОСТ 2.201-80 и Классификатором изделий и конструкторских документов машиностроения и приборостроения (Классификатор ЕСКД, регистрационный номер ОК 012-93). Эта система устанавливает единые принципы, структуру и содержание обозначения изделий и конструкторских документов основного и вспомогательного производства всех видов изделий (деталей, сборочных единиц, комплексов и комплектов) всех отраслей техники гражданского и военного назначения на всех стадиях и этапах жизненного цикла. В связи с этим обеспечивается однозначность информации об изделии, сопоставимость этой информации, что дает возможность эффективного решения ряда задач научно-технического и практического характера.

Последние годы в связи с бурным развитием компьютерной техники во все сферы деятельности вторгаются современные информационные технологии, электронный взаимообмен информацией и документацией, так называемые CALS (ИПИ)-технологии. Не мог этот процесс не коснуться и конструкторской документации.

В отечественной практике все больше стало появляться конструкторских документов в электронном представлении. Электронная форма представления документации фактически стала обязательной для отечественного и международного рынков, непременным условием стабильной конкурентоспособности продукции.

В настоящее время эти работы выполняет ВНИИНМАШ совместно с заинтересованными организациями. Для реализации изменений, пересмотра базовых стандартов ЕСКД, разработки новых стандартов в составе ТК 51 "Система конструкторской документации" функционирует рабочая группа, включающая авторов стандартов ЕСКД (ВНИИНМАШ), ряда стандартов в области ИПИ-технологий (НИЦ CALS-технологий "Прикладная логистика") и специалистов промышленности.

Проводимые работы открывают пути для применения ИПИ-технологий на всех стадиях жизненного цикла изделий. На базе единой методологии будет происходить формирование и применение конструкторских баз данных для разработки различных видов КД. Принята единая методология одновременного использования обеих форм КД - на бумажных и электронных носителях. (ГОСТ 2.051 - электронный документ, ГОСТ 2.052 - электронная модель изделия, электронная модель сборочной единицы, электронный макет). В обновленных документах использованы правила и требования международных стандартов (ИСО, МЭК) в области CALS (ИПИ)- и других информационных технологий, единая терминология в области КД.

# Основные определения в области проектирования в стандартах CALS

## CALS-технологии — современные информационные технологии, обеспечивающие автоматизированную поддержку решений на отдельных этапах ЖЦИ, а также информационную интеграцию всех его этапов

**Госстандарт**ом России на основе международного стандарта ИСО 10303 разработаны «Рекомендации по стандартизации. Информационные технологии поддержки жизненного цикла продукции». Терминологический словарь, часть 1 - стадии жизненного цикла (Р50.1.031.2001) дает следующие определения:

-*документ электронный:* информационный объект, состоящий из двух частей:

-реквизитной, содержащей идентифицирующие атрибуты (имя, время и место создания, данные об авторе и т.д.) и электронную цифровую подпись;

- **содержательной, включающей текстовую, числовую и/или графическую информацию, которая обрабатывается в качестве единого целого.** При необходимости документ электронный может приобретать различные формы визуального отображения: на экране

или на бумаге (см. ГОСТ Р 51141);

# ФОРМЫ ЭЛЕКТРОННОГО ДОКУМЕНТА:

- ***конструкторские данные об изделии***: совокупность информационных объектов (ИО), порожденных в процессе проектирования и разработки изделия, содержащая сведения о составе изделия, о геометрических моделях изделия, его компонентов и их технических характеристиках, об их отношениях в структуре изделия, о результатах расчетов и моделирования, о допусках на изготовление деталей и т. д. ;

- ***технологические данные об изделии***: совокупность ИО, порождаемых на стадии технологической подготовки производства и ассоциированных с ИО, описывающими изделие и его компоненты. Содержит сведения о способах изготовления и контроля изделия и его компонентов в процессе производства (в том числе входного контроля покупных изделий и материалов). Включает описание маршрутных и операционных технологий, нормы времени и расхода материалов, управляющие программы для станков с ЧПУ, а также данные для проектирования приспособлений и специального режущего и мерительного инструмента и т.д.;

- ***полномасштабное проектирование***: реализация согласованной детальной программы проектирования, включающей создание моделей или опытных образцов, проведение необходимых испытаний, целью которых является постановка изделия на производство и ввод его в эксплуатацию с выпуском всей необходимой документации и обеспечением информационной поддержки ЖЦИ;

- ***структура изделия:*** описание отношений между компонентами изделия, обычно представляемое в виде древовидного или сетевого графа, вершинами которого являются компоненты, а отношениями - ребра, соединяющие вершины. Различают два вида структур:

  - функциональную структуру, формально описывающую энергетические и информационные связи между компонентами изделия (обычное представление - блок-схема);
  - физическую структуру, отображающую геометрические, кинематические, электрические и иные связи (отношения) между компонентами изделия;

- ***конфигурация:*** термин, объединяющий понятия структуры и состава изделия и предполагающий, что конкретные компоненты в составе обладают определенными значениями описывающих их атрибутов;

- ***базовая конфигурация(эталонная)***: конфигурация изделия, утвержденная в установленном порядке в качестве основной (эталонной). Обычно это хронологически первая утвержденная конфигурация. В процессе ЖЦИ базовая конфигурация может изменяться;

- ***конструкторская подготовка производства (ПП):*** совокупность процессов и процедур, имеющая целью создание комплекта конструкторских документов - проекта изделия. В ходе этих процессов порождается и помещается в интегрированную информационную среду (ИИС) множество ИО, содержащих данные о структуре и составе изделия и о всех его компонентах;

- ***концептуальное (эскизное) проектирование:*** стадия конструкторской 1111, **выполняемая при помощи CAE/CAD-системы** (CAE -Computer Aided Engineering, CAD - Computer Aided Design), в ходе которой разрабатывается облик изделия (в форме геометрической 3D-модели) и создаются ИО, содержащие компоновочные, структурные, принципиальные схемы изделия, выполняются предварительные проектировочные расчеты и моделирование;

- ***конструирование*** (изготовление рабочей конструкторской документации): стадия конструкторской ПП, **выполняемая при помощи CAD-системы**, в ходе которой создаются 3D-модели всех оригинальных деталей и их 2D-проекции (чертежи), оформляются спецификации и ведомости материалов, комплектующих и нормализованных изделий, выполняются проверочные расчеты и моделирование. Результаты работ оформляются в виде ИО, помещаемых в ИИС;

-***технологическая ПП:*** совокупность процессов и процедур, **выполняемых с помощью САМ-систем** (CAM - Computer Aided Manufacturing), имеющая целью создание комплекта технологических документов: технологических маршрутов и операционных карт механообработки, сборки (монтажа), контроля; норм времени на выполнение технологических операций; управляющих программ для оборудования с числовым программным управлением; проектов оснастки и специального инструмента и т. д. Результаты работ оформляются в виде ИО, помещаемых в ИИС, и ассоциированных с ИО, описывающими изделие и его компоненты.

Из приведенных выше определений видно, что меняется технология разработки изделия, конструкторской и технологической подготовки производства при поддержке всего жизненного цикла изделия.

## Машиностроительные САПР

# Классификация машиностроительных САПР по уровням.

Условно все САПР можно разделить на три уровня:

**- *нижний* или их еще называют «легкие» САПР,**

**-*средний* или «средние» САПР и**

**-*верхний* уровень или *«тяжелые»* САПР.** Деление на уровни условное, так как во-первых, существует тенденция перенесения функциональности с верхнего уровня на нижние, во-вторых, выделяется функциональность, присущая САПР любого уровня, - ведение архивов, управление разработкой проектов и структурой изделий, обработка накопленных бумажных материалов, массовый выпуск и размножение конструкторской документации и т.п.

***1.Нижний уровень или «легкие» САПР* служат для выполнения почти всех работ с двумерными чертежами и имеют ограниченный набор функций по трехмерному проектированию. Область их работы - создание чертежей отдельных деталей.** Стоимость таких САПР $500- $2000 за рабочее место. Работают они на персональных компьютерах под управлением операционной системы Windows 95/98/2000/XP/NT/Vista. **Характерные представители таких САПР - AutoCAD (Autodesk), T-FlexCAD LT, 2D (Топ Системы), Компас LT (Аскон).**

***2.Средний уровень САПР* по своим возможностям полностью охватывают**

**«легкие» САПР плюс позволяют работать со сборками. Количество компонент в сборке САПР среднего уровня может доходить до 10000.** Имеется возможность работать со сложными поверхностями, описываемыми кривыми второго прядка. По некоторым параметрам они не уступают «тяжелым» САПР, а в удобстве работы даже превосходят. Обязательным условием является наличие функции обмана данными (или интеграции) с автоматизированными системами технологической подготовки производства. Стоимость САПР среднего уровня $2000-$20000 за рабочее место, так как это уже не просто программы, а программные комплексы, состоящие из нескольких модулей проектирования, библиотек стандартных элементов и стандартных решений, справочников для инженерных расчетов. Работают эти системы на персональных компьютерах под управлением операционной системы Windows 2000/XP/NT. **Характерные представители таких САПР - Inventor (Autodesk), Solid Edge (EDS), Solid Works (IBM).**

3.***Верхний уровень или «тяжелые» САПР*** **применяют для решения наиболее трудоемких задач - моделирования поведения сложных механических систем в реальном масштабе времени, оптимизирующих расчетов с визуализацией результатов, расчетов температурных полей и теплообмена, дизайн поверхностей любой сложности**. Обычно в **состав системы входят как графические модули, так и модули для проведения расчетов и моделирования, постпроцессоры для станков с ЧПУ**. Количество компонент в сборке «тяжелых» САПР практически не ограничено при использовании соответствующего оборудования. Все «тяжелые» САПР являются интегрированными интеллектуальными системами и содержат базы знаний. Стоимость таких программных продуктов $20000 и более за рабочее место.

Для «тяжелых» САПР наиболее характерно использование рабочих станций IBM, Hewlett-Packard, DEC, Sun Microsystem, Digital Alpha AXP. В качестве операционной системы наиболее часто используется Windows NT и Unix. Примерами «тяжелых» САПР могут служить такие программные продукты, как **CATIA (IBM), Unigraphics (EDS), Pro/Engineer (PTC).**

# Общие требования к САПР

На функциональную оценку возможностей САПР влияют специфичные требования конкретного предприятия, но есть и некоторые общие моменты.

1.**Ядром всех современных САПР является модуль геометрического моделирования**, который дает возможность построить корректное описание моделируемого продукта, что является базой для всех основных задач, решаемых в рамках системы. Современная САПР обязана иметь возможность моделировать геометрию твердого тела. Сегодня трудно встретить систему, которая бы не имела или не декларировала бы наличие методов твердотельного моделирования. Однако функциональные возможности методов построения твердого тела в двух системах могут сильно отличаться друг от друга. Следует обращать внимание на функциональную полноту, возможность решать топологические сложные задачи: перекрывающиеся скругления переменного радиуса, построение тонкостенного тела с изменением топологии, взаимосвязь методов построения поверхностей и твердого тела, возможность параметризации и изменения модели.

**2.Ассоциативность-сокращает затраты на выпуск новых, конкурентоспособных товаров . Между всеми компонентами ЖЦИ должны поддерживаться устойчивые и управляемые причинно-следственные связи.** Любой элемент описания продукта, процесса или ресурса должен хранить при себе свое происхождение и условия существования. Это основная, радикальная мера для сокращения затрат на выпуск новых, конкурентоспособных товаров. Первыми задачу интеграции поставила на первое место компания PTC, изначально сделав в своем продукте Pro/Engineer (1988 год) ставку на полную ассоциативность всех видов данных об изделии на основе единой структуры базы. Аналогичные подходы применяют и другие производители.

**3.Параметризация-позволяет простым изменением параметров легко модифицировать и регенерировать модель.** Средства параметрического моделирования реализованы во всех системах среднего и верхнего уровня. Процесс параметрического моделирования можно описать следующим образом: в ходе построения система накапливает конструкционные параметры и соотношения между ними, а также формирует протокол (историю) создания геометрии, позволяя простым изменением параметров легко модифицировать и регенерировать модель. Параметрическая модель создается интерактивно, без какого-либо программирования (за исключением задания формул), и это вполне по силам пользователю. На данный метод опирается табличная параметризация, где параметры типовых деталей сведены в таблицу, а генерация нового экземпляра производится путем выбора из таблицы типоразмеров. Параметризация полезна не только для моделирования, она также автоматизирует итерационную отладку конструкций. Работая в среде параметрического конструирования, пользователь указывает изменяемые параметры, задает связывающие условия, определяет целевую функцию и запускает процесс оптимизации. **Можно оптимизировать такие параметры, как масса, объем, площадь поверхности, моменты инерции, центр тяжести.**

**4.Фичерсы(отверстия, фаски, скругления, ребра жесткости и пр).** Появление в практике такого важного способа моделирования, как фичерсы (feature), можно связать с компанией PTC. Фичерсы - отверстия, фаски, скругления, ребра жесткости и пр., в отличие от элементарных объектов твердотельного моделирования, являются привычными для пользователей, и работа с такими макрообъектами, очевидно, более выгодна. Фичерсы - это применение объектной ориентированности в CAD. Для того чтобы добавить отверстие к уже существующей геометрии, достаточно выбрать элемент меню "отверстие" и указать его расположение. После этого оно остается привязанным к грани при любом ее перемещении - фичерсы помнят о своем окружении. Фичерсы тесно связаны с параметризацией. Кроме того, что они сами по себе параметризованные объекты, они могут быть созданы, как параметрики.

**5. Методы построения поверхностей произвольной формы на основе B-сплайнов - NURBS, ставшие стандартом для проектирования сложных поверхностей**. В процессе становления 3D CAD-систем B-сплайны стали основой поверхностей свободной формы. Причины популярности сплайнов: они создают плавные кривые, позволяют описывать криволинейные поверхности с очень высокой точностью и компактно. Сам термин сплайн (spline) произошел от названия бамбуковых тростей, использовавшихся для создания корпусов кораблей и самолетов во времена, когда еще не было компьютерных технологий.

Сплайн - гладкая кривая, которая проходит через две или более контрольных точек, управляющих формой сплайна. Два из наиболее общих типов сплайнов — кривые Безье (Bezier curves) и B-сплайны (B-spline curves). Типичным Примером сплайнов являются также неоднородные рациональные B-сплайны (Non-Uniform Rational B-Spline — NURBS). Сплайны состоят из вершин

(vertices) и сегментов (segments). Каждая вершина сплайна имеет касательные векторы (tangents), снабженные на концах управляющими точками, или маркерами (handels).

Маркеры касательных векторов управляют кривизной сегментов сплайна при входе в вершину, которой принадлежат касательные векторы. В зависимости от свойств касательных векторов различают следующие типы вершин: С изломом (Corner), Сглаженная (Smoos), Бе-зье (Bezier) и Безье с изломом (Bezier Corner).

**6.Большие сборки**. Несколько лет назад в большинстве CAD-систем было трудно построить сборку из нескольких десятков компонентов. Сейчас возможна работа со сборками из тысяч и десятков тысяч деталей. Пользователи теперь могут разместить отдельные детали на экране и получить электронное представление изделия - без фатальных сбоев системы или существенного замедления ее работы.

Области, которым требуются большие сборки, - это автомобильная, аэрокосмическая промышленность и машиностроение. Автомобили и самолеты состоят из более чем миллиона деталей, полиграфические прессы занимают площади в тысячи квадратных метров и содержат сотни тысяч компонентов. Даже подсборки, например двигатель, - это многие тысячи деталей. Большие и постоянно увеличивающиеся в размере сборки требуются для того, что

бы избежать изготовления физического прототипа. Если путем компьютерного моделирования сборки проектировщик может зафиксировать нестыковку, он сэкономит на стоимости изготовления физического прототипа. Сегодня многие поставщики CAD-систем верхнего уровня выпустили средства, поддерживающие одновременный доступ пользователей к деталям и сборкам /4/.

**Необходимыми атрибутами моделирования сборок является *графический навигатор,* который обеспечивает взаимосвязь геометрических моделей, возможность построения элементов и взаимная ориентация компонентов в контексте сборки**. Создание сборочной модели, состоящей из многих сотен и тысяч деталей, открывает возможность построения полной цифровой модели изделия. Современные САПР обычно не ограничиваю количество компонентов, участвующих в сборке. Однако чудес не бывает: чем больше в сборке деталей, тем больше вычислительных ресурсов требуется от рабочей станции. И рано или поздно они будут исчерпаны. Хорошая САПР должна обладать специальными функциями, которые дают возможность бороться с подобными проблемами: фильтры загружаемых компонентов, возможность переключения между полным и упрощенным представлением геометрии.

**7.Гибкость и универсальность системы-удобство передачи данных в виде расчетной сетки и твердотельной геометрической модели в те системы**

**анализа, которые планируется использовать**.

считается важным качеством САПР. Производитель часто не знает, что именно он будет делать через пару месяцев, что за клиент к нему обратится и какого типа файлы ему дадут. Производственники должны быть очень гибкими, а важной частью этого является наличие программных средств, обеспечивающих такую гибкость. Также необходима интероперабельность, способность работать с разными типами данных.

Многие САПР имеют в своем составе модули инженерного анализа, которые должны иметь удобный интерфейс, возможность быстрого проведения многовариантных расчетов. Однако система анализа не может быть всеобъемлющей. Всегда существуют расчетные задачи, для решения которых необходимо привлечение специальных расчетных программ, не входящих в САПР. Необходимо оценить **удобство передачи данных** в виде расчетной сетки и твердотельной геометрической модели в те системы анализа, которые планируется использовать.