



## ПРОЕКТНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

### Распределенное проектирование в облаке

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

### Тема 3: Электронная структура изделия

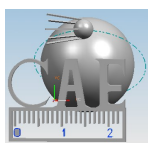
*Полная ссылка на данное электронное издание:*

**Огородников А. И.** Распределенное проектирование в облаке [Электронный ресурс] / Екатеринбург: Техноцентр компьютерного инжиниринга УрФУ, 2024. 100 с. Режим доступа: <https://cae.urfu.ru> свободный.

© А.И. Огородников, 2024

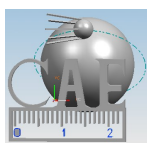
**Аннотация.** В учебно-методическом пособии рассмотрены теоретические и практические вопросы выполнения проектов студентами магистратуры в рамках модуля «Проектная деятельность». Проектирование мехатронных систем и роботов организовано в частном облаке Уральского федерального университета. Сформирована инфраструктура распределенного проектирования. На виртуальной машине расположен сервер лицензий и настроена система управления базой данных (СУБД) проектов PostgreSQL. Преимуществом выбранной СУБД является свободное распространение и возможность функционирования под операционными системами (ОС) Windows или Linux. В работе используется российское программное обеспечение.

**Выражение благодарности за финансовую и техническую помощь.** Методическое и информационное обеспечение проектной деятельности создано в рамках проекта «Создание межвузовской распределенной среды проектирования на базе отечественного программного обеспечения для реализации качественного проектного обучения», реализуемого победителем грантового конкурса для преподавателей магистратуры 2022/2023 Стипендиальной программы Владимира Потанина. Программное обеспечение для проектирования изделий машиностроения в облаке предоставлено Группой компаний АСКОН. Автор благодарит специалиста технической поддержки компании АСКОН-Урал Эдуарда Юрьевича Журавлева за квалифицированную помощь в настройке программных решений жизненного цикла изделий.



## Содержание темы 3

14. Электронное описание изделия .....	44
Электронное описание изделия и база данных проекта.....	44
Типы электронных документов .....	45
Типы объектов в базе данных проекта.....	45
Виды управляемых данных проекта .....	45
Этапы жизненного цикла изделия.....	46
15. Роли и функции специалистов при проектировании изделий в облаке .....	46
Свойства облачной среды проектирования .....	46
Группы специалистов в облачном проектировании.....	47
Роли в конструкторской подготовке производства.....	47
Роли в технологической подготовке производства.....	47
Роли в обслуживании информационной системы .....	48
16. Электронная структура изделия.....	48
Электронная структура мехатронного изделия.....	49
Задачи электронной структуры изделия на этапе конструирования .....	49
17. Конструктивная электронная структура изделия.....	50
Типы конструкторской документации.....	50
Электронное описание изделия при проектировании.....	51
Зачем нужна конструктивная ЭСИ.....	52
18. Стадии разработки изделия на этапе конструкторской подготовки производства.....	52
Предварительная стадия. Техническое задание .....	52
Стадия I. Техническое предложение.....	54
Стадия II. Эскизный проект.....	58
Стадия III. Технический проект .....	59
Стадия IV. Рабочий проект .....	61



## 14. Электронное описание изделия

**Основная идея:** на каждом этапе разработки изделие сопровождается электронным описанием, которое содержит информацию о конструкции и свойствах изделия.

### Электронное описание изделия (ЭОИ)

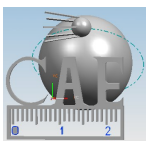
- \* представляет собой единую информационную модель изделия;
- \* формируется для решения технических задач проектирования, изготовления и эксплуатации изделия;
- \* составляется с помощью программно-технических средств на электронном носителе;
- \* содержит информацию об изделии в целом и его составных частях, характеристиках изделия, а также о процессах, связанных с изготовлением и эксплуатацией изделия.

### Электронное описание изделия и база данных проекта

Таким образом, ЭОИ объединяет конструкторскую и техническую информацию об изделии, обеспечивает логическую связь накопленных в процессе проектирования данных. Удобным сервисом накопления и системного представления сведений об изделии в форме информационных объектов является база данных вместе с системой управления данными. В такую базу данных можно включать все информационные объекты, в том числе заимствованные и полученные при разработке аналогичных изделий, то есть сведения, необходимые для формирования конструкторской и технологической документации. ЭОИ является также основой для построения библиотеки нормативно-справочной информации.

Поскольку проектирование изделия осуществляется командой, база данных изделия формируется как распределенная система и призвана обеспечить информационную интеграцию участников проекта и создаваемых информационных объектов. Такая интеграция обеспечивается за счет стандартизации и формализации описания информационных объектов, составляющих электронное описание изделия.

Электронное описание изделия составляется из электронных документов, представляющих полную информацию об изделии на конкретной стадии разработки.



## **Типы электронных документов**

Электронные документы подразделяются на типы:

- 1) конструкторские (трехмерная геометрическая модель, чертеж, схема, текстовый документ – техническое задание, пояснительная записка, спецификация);
- 2) технологические (комплект документов технологического процесса, ведомость);
- 3) программные (управляющая программа);
- 4) эксплуатационные (паспорт, руководство по эксплуатации).

## **Типы объектов в базе данных проекта**

Электронные документы создаются при проектировании и помещаются в базу данных проектной организации. Информация в базе данных структурируется с помощью папок. Типы объектов, которые размещаются в базе данных:

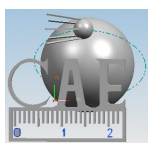
- сборочная единица,
- деталь,
- стандартное изделие,
- прочие изделия,
- материалы,
- комплекс,
- комплект,
- технологическая сборка,
- экземпляр,
- партия.

## **Виды управляемых данных проекта**

Электронное описание изделия формируется и используется с помощью системы управления данными PDM. Система управляет наборами данных, которые подразделяются на виды:

- 1) данные по учету электронных документов в архиве (учетная карточка, инвентарная книга);
- 2) данные по изменению электронных документов (изменение, журнал изменений);
- 3) технологические данные (заготовка, маршрут, техпроцесс).

Структурной основой управления и представления ЭОИ в базе данных является электронная структура изделия, которая объединяет различные виды электронных документов и информационных объектов.



## **Этапы жизненного цикла изделия**

В жизненном цикле изделия выделяют этапы:

- конструкторская подготовка производства,
- технологическая подготовка производства,
- изготовление,
- эксплуатация.

Каждому этапу соответствует свое электронное описание изделия.

## **15. Роли и функции специалистов при проектировании изделий в облаке**

**Основная идея:** использование распределенных САПР требует оптимальной установки различных модулей и программ на персональных компьютерах участников команды, для этого каждый участник характеризуется ролью и функциями в проекте.

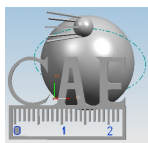
Организация командной работы в облаке основана на методике сквозного проектирования, когда связь между участниками поддерживается на уровне среды проектирования.

### **Свойства облачной среды проектирования**

Поддержать сквозное проектирование позволяют следующие структурные и сервисные особенности облачной программной среды:

- модульное построение системы автоматизированного проектирования (САПР) и поддержка многодисциплинарного проектирования,
- использование общей базы данных на всех этапах выполнения проекта и унификация данных,
- передача данных и результатов текущего этапа на все последующие этапы проектирования и их многократное использование,
- возможность контролировать результаты выполнения работы.

Распределенные САПР состоят из нескольких модулей и программ, которые выборочно устанавливаются на персональные компьютеры специалистов в зависимости от задач, решаемых тем или иным специалистом в проекте. Облачное проектирование предполагает командный подход к организации работы и распределение ролей между участниками команды.



## **Группы специалистов в облачном проектировании**

В распределенных проектах по конструкторской и технологической подготовке производства изделий машиностроения выделяют три группы специалистов в зависимости от выполняемых работ:

- 1) конструкторская подготовка производства,
- 2) технологическая подготовка производства,
- 3) обслуживание информационной системы.

### **Роли в конструкторской подготовке производства**

*Руководитель* конструкторского подразделения формирует укрупненный план работ по разработке изделия, согласует и утверждает конструкторскую документацию.

*Ведущий конструктор* разрабатывает схемы деления, эскизную геометрию изделия, данные о структуре составных частей, технические задания на составные части изделия, планирует работу конструкторов, согласует конструкторскую документацию.

*Конструктор* разрабатывает конструкторскую документацию.

*Нормоконтролер* проверяет конструкторскую документацию на соответствие ЕСКД.

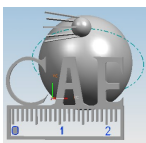
*Расчетчик* выполняет моделирование и расчеты, оформляет отчеты и разделы пояснительной записки в виде текстовых документов.

### **Роли в технологической подготовке производства**

*Руководитель* технологического подразделения согласует укрупненный план технологической подготовки производства (ТПП), технологические документы и данные, изменения.

*Главный технолог* согласует и утверждает планы ТПП, утверждает технологические документы и данные, изменения.

*Технолог* разрабатывает технологические процессы и основной комплект технологической документации, выполняет технологический контроль конструкторской документации, обрабатывает технологические процессы на производстве, вносит изменения в основной комплект технологической документации. Технолог также прорабатывает производственно-технологическую электронную структуру изделия и заготовок, межцеховые технологические маршруты на детали и сборочные единицы собственного изготовления, создает заявки на проектирование технологической оснастки и разработку управляющих программ для оборудования с числовым программным управлением (ЧПУ).



*Технолог-программист* разрабатывает управляющие программы операций с использованием оборудования с ЧПУ, отрабатывает управляющие программы, вносит изменения в основной комплект технологической документации.

*Конструктор оснастки* проектирует технологическую оснастку.

*Нормоконтролер* проверяет технологическую документацию на соответствие требованиям Единой системы технологической документации.

*Нормировщик* материалов и трудозатрат предварительно определяет необходимые ресурсы и материалы, пооперационные трудозатраты.

*Расцеховщик* разрабатывает межцеховые технологические маршруты.

### **Роли в обслуживании информационной системы**

*Администратор* устанавливает и настраивает программное обеспечение, управляет учетными записями пользователей, выполняет резервное копирование и восстановление баз данных.

*Специалист по ведению справочников* отрабатывает заявки на добавление элементов в справочник, разрабатывает описание новых элементов.

*Работник архива* ведет учет технических документов в архиве, регистрирует абонентов и выдаваемые из архива документы.

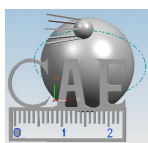
## **16. Электронная структура изделия**

**Основная идея:** информация об изделии в процессе проектирования, производства и эксплуатации хранится в формате электронной структуры изделия.

Понятие электронной структуры изделия (**ЭСИ**) относится

- \* и к способу представления данных в программно-технической среде,
- \* и к основному электронному конструкторскому документу.

Электронное описание изделия на всех стадиях разработки и этапах жизненного цикла изделия представляется в виде ЭСИ. ЭСИ существует в виде электронных документов и содержит описание изделия (сборочной единицы, комплекта или комплекса), иерархические отношения между его составными частями и другие данные в зависимости от назначения.



## **Электронная структура мехатронного изделия**

В настоящее время состав ЭСИ для изделий машиностроения определяется нормами и стандартами Единой системы конструкторской документации (**ЕСКД**), которые не учитывают мехатронный характер современных машин. Проектирование мехатронных изделий является междисциплинарным и предполагает согласованную разработку нескольких взаимодействующих подсистем, включая приводы подсистемы движения и электронные блоки подсистемы управления.

В частности, ЭСИ промышленного робота (ЭСИ ПР) – это основной конструкторский документ, который формируется в электронном виде и содержит описание робота как мехатронного изделия. В ЭСИ ПР указываются связи между составными частями робота с учетом всех стадий проектирования, изготовления и эксплуатации.

### **Задачи электронной структуры изделия на этапе конструирования**

ЭСИ создается на стадии конструирования изделия и решает следующие задачи:

- представляет информацию о составе изделия в виде иерархической, древовидной структуры объектов; объектами ЭСИ могут быть детали, сборки, спецификации, материалы, текстовые и графические документы, инструкции, модели;

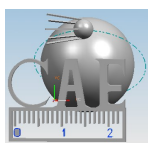
- архивирует конструкторско-технологическую документацию для различных вариантов изделия;

- содержит технические данные изделия на всех этапах жизненного цикла, включая проектную и рабочую конструкторскую документацию;

- связывает документы и процессы междисциплинарного проектирования.

ЭСИ составляется из информационных объектов базы данных, которые связаны иерархически и в виде иерархии отображают как изделие, так и его составные части.

Создает ЭСИ в новом проекте ведущий конструктор, который планирует состав проекта, комплект конструкторской документации и далее формирует рабочие задания для участников проектной команды в соответствии с ЭСИ.





## 17. Конструктивная электронная структура изделия

**Основная идея:** конструктивная электронная структура изделия (ЭСИ) является основным конструкторским документом и представляет конкретные технические решения, которые определяют конструкцию изделия, его состав.

Конструктивная ЭСИ разрабатывается как электронный конструкторский документ на стадиях эскизного и технического проекта, далее уточняется на стадии разработки рабочей конструкторской документации.

Конструктивная ЭСИ создается на основе функциональной ЭСИ, которая формируется на начальном этапе разработки технического предложения и содержит информацию о назначении изделия, его структурных частях, о выполняемых функциях и основных требованиях.

Конструктивная ЭСИ просматривается и используется в программной среде, предназначенной для управления проектами.

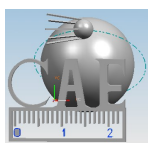
### **Типы конструкторской документации**

При проектировании изделия составляется конструкторская документация. Конструкторская документация, в том числе электронная, относится к одному из следующих типов.

*Основные конструкторские документы (КД) для детали* – чертеж детали и электронная модель детали. Основные КД для сборочных единиц, комплектов и комплексов – спецификация и конструктивная структура изделия. Электронная модель детали и спецификация являются обязательными КД на этапе рабочей документации.

*Основной комплект конструкторской документации изделия* включает документы, дающие описание изделия в целом (например, сборочный чертеж, схема кинематическая, схема электрическая принципиальная, технические условия, эксплуатационные документы). В основной комплект конструкторской документации изделия не входят КД составных частей.

*Полный комплект конструкторской документации изделия* включает основной комплект КД изделия и основные комплекты КД составных частей.



## Электронное описание изделия при проектировании

Электронное описание изделия на этапе проектирования включает

- 1) конструктивную электронную структуру изделия (стандартные, покупные и изготавливаемые изделия);
- 2) полный комплект конструкторской документации (основные комплекты конструкторской документации на сборочные единицы и детали); вспомогательные данные.

На основе информационных объектов, содержащихся в конструктивной ЭСИ, могут быть сформированы текстовые документы на изделие и его составные части, включая отчеты.

Документы и файлы конструктивной электронной структуры изделия представлены на рисунке 17.1. Формат файлов указан в обозначениях программы САД Компас–3D.

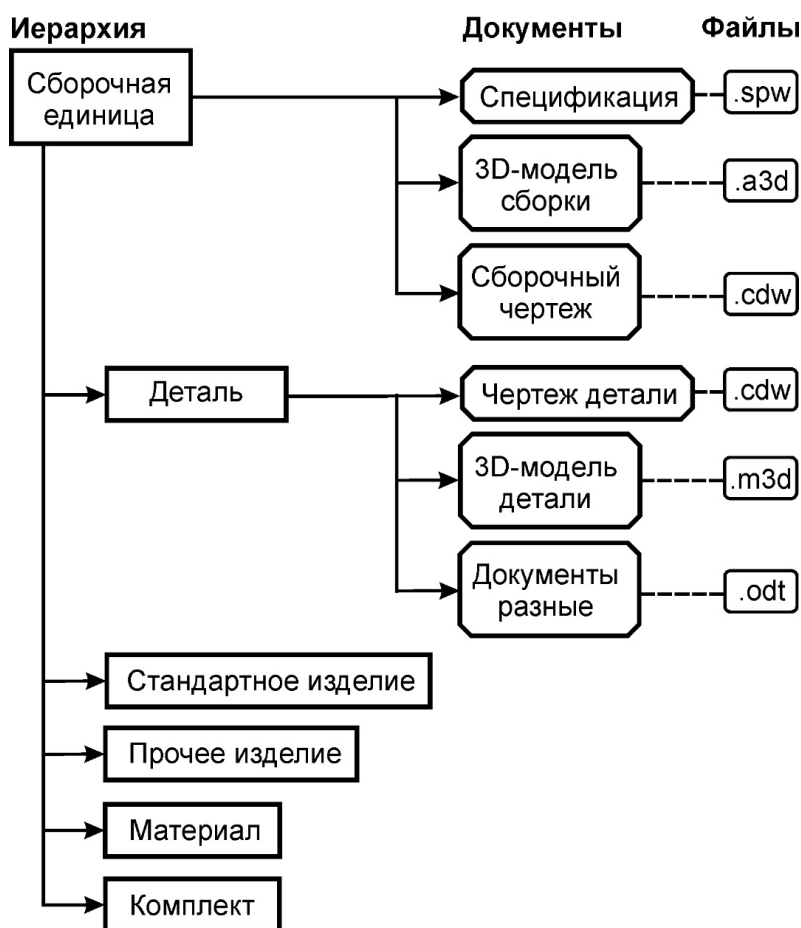
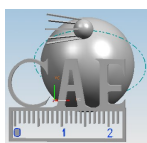


Рисунок 17.1 – Документы и файлы конструктивной электронной структуры изделия



## **Зачем нужна конструктивная ЭСИ**

Конструктивная электронная структура изделия (ЭСИ) является основой для построения производственно-технологической ЭСИ.

Конструктивную ЭСИ можно формировать автоматическим созданием информационных объектов из файлов САД или добавлением документов через интерфейс системы PLM.

Документы и файлы, помещенные в конструктивную ЭСИ, предназначены для совместного использования участниками команды. Поэтому важно при создании документов использовать единый источник справочной информации. Соответственно, справочные данные для общего пользования удобно расположить и синхронизировать в облаке.

## **18. Стадии разработки изделия на этапе конструкторской подготовки производства**

**Основная идея:** в жизненном цикле изделия на этапе конструкторской подготовки производства создается конструктивная электронная структура изделия, которая дополняется и уточняется последовательно на всех стадиях разработки.

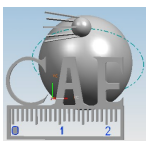
Основной задачей конструкторской подготовки производства является

- создание новых изделий,
- совершенствование имеющихся изделий
- с высокими параметрами качества
- в заданные сроки и
- с наименьшими затратами.

### **Предварительная стадия. Техническое задание**

Техническое задание разрабатывает заказчик, учитывая при этом требования к изделию.

Далее техническое задание анализирует проектировщик, который согласует требования и вносит предложения по их корректировке. Анализ требований к изделию, которое предстоит проектировать, позволяет оптимизировать состав изделия и процессы его изготовления с учетом последующей эксплуатации. Для управления требованиями используют методы системного анализа и системной инженерии.



## Количественная характеристика требований к изделию

Предварительный анализ изделия и существующих прототипов начинается с выявления требований и их представлением в виде количественных характеристик. Так, при проектировании промышленного робота необходимо составить список предельных значений для входных параметров проекта:

- габаритные размеры,
- размеры рабочей зоны,
- угловая скорость, ускорение звеньев,
- линейная скорость, ускорение рабочего органа,
- число степеней подвижности,
- точность позиционирования,
- масса,
- номинальная грузоподъемность,
- потребляемая мощность,
- стоимость.

К количественным характеристикам добавляется текстовый документ с описанием других важных условий и требований.

## Требования к промышленному роботу

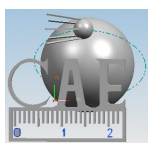
Требования к промышленному роботу для развернутого описания в текстовом документе можно разбить на 4 раздела.

Раздел 1. Функциональные требования:

- взаимное расположение частей робота,
- число и расположение точек позиционирования,
- основное назначение и выполняемые технологические операции,
- технологическая обстановка и вспомогательное оборудование,
- форма и масса объектов манипулирования,
- тип привода,
- тип системы управления,
- способ программирования,
- тип каналов связи.

Раздел 2. Конструктивные требования:

- способ установки (напольный, на подвижной платформе),
- податливость звеньев исполнительных механизмов и передач,
- частоты колебаний и коэффициенты затухания,
- диапазон регулирования перемещений и скоростей,



- допустимые статические и динамические погрешности движения,
- максимальные ускорения при разгоне и торможении.

### Раздел 3. Эксплуатационные требования:

- показатели, определяющие производительность,
- показатели надежности,
- ремонтпригодность,
- время переналадки на новые операции,
- источники питания,
- показатели пожароопасности,
- показатели по технике безопасности,
- удобство обслуживания.

### Раздел 4. Экономические требования:

- удельная материалоемкость (отношение массы к мощности),
- удельное энергопотребление (отношение установленного энергопотребления к массе),
- коэффициент унификации (отношение количества унифицированных сборочных единиц к общему количеству сборочных единиц),
- коэффициент стандартизации (отношение количества стандартных сборочных единиц к общему количеству сборочных единиц)

Кроме того, приводятся технические характеристики:

- вид захватного устройства или устанавливаемого инструмента,
- режим работы,
- срок эксплуатации.

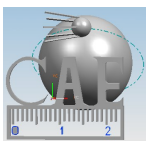
Итоговым документом предварительного анализа входных данных на проектирование является техническое задание.

## **Стадия I. Техническое предложение**

Техническое предложение является первой стадией проектирования и начинается с анализа технического задания.

Техническое предложение

- формируется исполнителем проекта и
- содержит аналитический обзор, в который входят результаты патентного поиска, а также сравнение существующих аналогов проектируемого изделия с близкими характеристиками.



На основании аналитического обзора

- предлагаются возможные варианты конструкции и
- компоновки механизмов,
- создается кинематическая схема,
- выполняется предварительный расчет привода.

### **Сравнительная характеристика вариантов исполнения**

На стадии технического предложения дается сравнительная оценка вариантов конструкции и подсистем изделия. Поэтому в пояснительную записку включают раздел или приложение с заголовком «Сравнительная характеристика вариантов исполнения», где в виде таблицы приводят основные параметры и сравнительные сведения по всем рассмотренным вариантам. Соответственно, на чертежах и схемах изображения, описывающие различные варианты, стараются разместить на одном листе.

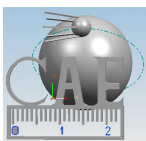
### **Функциональная электронная структура изделия**

На стадии технического предложения создается функциональная электронная структура изделия (ЭСИ), которая будет уточняться и редактироваться на последующих стадиях проектирования. Например, функциональная ЭСИ промышленного робота определяет общую компоновку манипулятора, обозначает основные и вспомогательные системы обеспечения работы промышленного робота, исходя из выполняемых роботом операций.

Итак, итоговым документом на стадии технического предложения является функциональная ЭСИ, которая включает разделы:

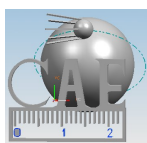
- назначение и технологическая обстановка промышленного робота,
- кинематическая схема и варианты общей компоновки звеньев,
- упрощенная электронная модель промышленного робота и варианты компоновки механизмов вместе с обоснованием приводов,
- чертеж общего вида,
- пояснительная записка,
- ведомость технического предложения.

На стадии технического предложения создаются конструкторские документы, которые позволяют выбрать оптимальный вариант исполнения промышленного робота. Электронные документы для руки манипуляционного промышленного робота в составе функциональной ЭСИ на стадии технологического предложения показаны на рисунке 18.1.



- Промышленный робот (ПР)
- Этап технического предложения
- Электронная структура ПР
  - Технологическая обстановка ПР
    - Место установки ПР
    - Защитные экраны рабочей зоны
    - Стол
    - Конвейер
    - Станок
  - Кинематическая компоновка звеньев руки ПР
    - Исполнение 1
      - Основание
      - Платформа поворотная
      - Рычаг нижний
      - Рычаг верхний
    - Исполнение 2
    - Исполнение 3
  - Электронная модель ПР
    - Исполнение 1
      - Основание
      - Платформа поворотная
        - Основание
        - Корпус
        - Шпиндель
        - Колесо зубчатое
        - Шкив
        - Двигатель
        - Ремень зубчатый
        - Выключатель контактный
      - Рычаг нижний
      - Рычаг верхний
    - Исполнение 2
    - Исполнение 3
  - Чертеж общего вида
  - Мультимедийные материалы
  - Документы прочие
  - Пояснительная записка
  - Ведомость технического предложения

Рисунок 18.1 – Конструктивная электронная структура изделия для руки манипуляционного робота на стадии технического предложения



## Конструкторские документы на стадии технического предложения:

I.1. Электронная структура изделия (**функциональная ЭСИ**) содержит упрощенные варианты исполнения для их сравнения, выполнения предварительных расчетов, обоснования выбора лучшего варианта.

I.2. **Электронная модель** изделия создается как сборочная единица с упрощенной геометрией промышленного робота. Элементы модели (двигатели, редукторы, механические узлы и другие) обозначаются геометрическими примитивами. Деталям механических узлов назначаются конструкторские материалы.

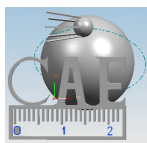
I.3. **Чертёж общего вида**, который концептуально определяет конструкцию робота и взаимодействие его частей, поясняет принципы работы. Чертеж общего вида в документации технического предложения может содержать изображения вариантов изделия с максимальными упрощениями, основные размеры, схемы и технические характеристики для удобства сопоставления рассмотренных вариантов. На полках линейных выносок приводятся наименования и обозначения составных частей изделия. Составные части можно свести в таблицу, тогда на полках выносок указываются соответствующие номера позиций в таблице.

### I.4. **Схема функциональная.**

I.5. Пояснительная записка – текстовый документ, который содержит описание робота, его устройство и принципы действия, назначение, область применения, основные технические характеристики в соответствии с техническим заданием, анализ патентов, оценочные расчеты, а также схемы, описывающие работу системы управления.

Рекомендуемые разделы пояснительной записки:

- Введение (основная информация о техническом задании),
- Назначение и область применения разрабатываемого изделия,
- Технические характеристики,
- Сравнительный анализ вариантов, описание и обоснование выбранной конструкции,
- Расчеты, подтверждающие работоспособность конструкции,
- Уровень стандартизации и унификации,
- Заключение (ожидаемые технико-экономические показатели),
- Приложения.





I.6. **Ведомость технического предложения** – перечень электронных конструкторских документов, включенных в техническое предложение.

Конструкторским документам на стадии технического предложения присваивается **литера «П»**.

## **Стадия II. Эскизный проект**

Первая стадия проектирования (техническое предложение) по характеру выполняемых изысканий относится к научно-исследовательской работе, а вторая стадия проектирования (эскизный проект) является опытно-конструкторской работой.

Эскизный проект дает общее представление о том, как устроен и работает проектируемое изделие, например, создаваемый промышленный робот. К началу стадии эскизного проектирования выбран и утвержден заказчиком вариант исполнения промышленного робота.

На стадии эскизного проекта уточняются конструкторские документы, которые содержат принципиальные конструктивные и схемные решения для проектируемого промышленного робота (ПР). Происходит выбор и обоснование основных параметров робота, габаритных размеров манипулятора.

Конструкторские документы на стадии эскизного проектирования:

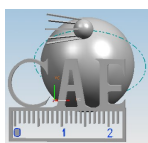
II.1. **Электронная структура изделия.**

II.2. **Электронная модель сборочной единицы** с упрощениями для выбранного конструктивного исполнения ПР.

II.3. **Чертёж общего вида** с изображением изделия, которое содержит размеры, технические данные и характеристики; позволяет понять устройство, конструктивные особенности, принцип работы.

II.4. **Схемы** (виды схем – электрическая, пневматическая, гидравлическая, кинематическая, схема деления; типы схем – структурные, принципиальные, схемы подключения и расположения).

II.5. **Пояснительная записка**, которая содержит описание устройства и принципа действия выбранного на этапе технического предложения варианта робота, технические характеристики, обоснование выбранного исполнения конструкции, ориентировочные расчёты надёжности и работоспособности, описание организации работ с применением разрабатываемого изделия, ожидаемые технико-



экономические показатели, сведения об уровне стандартизации и унификации. Проводится расчет редукторов, выбор муфт, приводятся расчетные схемы валов привода.

II.6. **Ведомость электронных документов** (перечень электронных конструкторских документов).

II.7. **Ведомость эскизного проекта** (перечень документов, включенных в эскизный проект).

Конструкторским документам на стадии эскизного проектирования присваивается **литера «Э»**.

### **Стадия III. Технический проект**

Технический проект – это совокупность конструкторских документов, которые содержат окончательные технические решения, дающие полное представление об устройстве разрабатываемого изделия, например, промышленного робота (ПР), а также необходимые данные для разработки рабочей конструкторской документации (РКД).

На стадии технического проекта

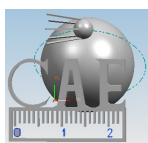
- детально прорабатывают конструктивные элементы ПР,
- анализируют точностные, динамические и прочностные характеристики механических узлов.

На стадии технического проектирования дополняются и создаются следующие конструкторские документы.

- III.1. Электронная структура изделия.
- III.2. Электронные модели деталей.
- III.3. Электронная модель сборочной единицы.
- III.4. Чертёж общего вида.
- III.5. Габаритный чертёж.
- III.6. Схемы.

Для промышленных роботов в состав конструкторской документации необходимо включить схемы:

- схема деления структурная Е1 (схема деления изделия на составные части), показывающая в виде условных обозначений состав ПР, его основные функциональные части;
- схема кинематическая принципиальная К3 для представления компоновки манипулятора;



- схема пневматическая принципиальная ПЗ для пневматического захвата;

- схемы электрические принципиальные (полные) ЭЗ, отображающие полную электрическую схему ПР;

- схема электрическая соединений (монтажная) Э4, показывающая соединения составных частей и определяющая провода, жгуты, кабели и места их присоединения и ввода (разъёмы, платы, зажимы).

III.7. Ведомость покупных изделий (датчики, электроника, электродвигатели, болты, гайки, винты и другие элементы).

III.8. Ведомость технического проекта (перечень документов, вошедших в технический проект).

III.9. Пояснительная записка содержит:

- описание устройства и принципа действия разрабатываемого изделия,

- технические характеристики,

- обоснование выбранной конструкции,

- расчёты или результаты расчётов, полученных из предыдущих стадий и/или отдельных документов, подтверждающие работоспособность и надёжность конструкции,

- описание организации работ с применением разрабатываемого изделия,

- ожидаемые технико-экономические показатели,

- сведения об уровне стандартизации и унификации.

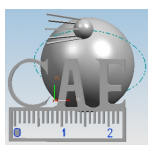
III.10. Расчёты и компьютерные модели (расчетные файлы с анализом характеристик: прочность, усталость, вибрации, жёсткость, кинематика и динамика ПР, анализ размерных цепей и технологичности конструкции, ремонтпригодность).

III.11. Таблица соединений всех проводников ПР.

III.12. Ведомость электронных документов.

Конструкторским документам на стадии технического проектирования присваивается **литера «Т»**.

Снижение трудозатрат на проектирование промышленных манипуляционных роботов может быть достигнуто за счет использования типовых комплектующих элементов и блочно-модульного построения структурных частей робота. Такой подход позволяет составлять электронную структуру изделия из готовых конструкторских документов



на варианты исполнения роботов, которые накапливаются, систематизируются и хранятся в базе данных.

На стадии технического проекта конструкторскую документацию дополняют программной и технологической документацией.

Программная документация включает алгоритмы управления и тексты программ, руководство пользователя программным обеспечением для операторов и администраторов.

Технологическая документация описывает основные технологические процессы изготовления деталей и сборочных единиц и предполагает разработку технологических (маршрутных) карт, чертежей на технологическую оснастку и приспособления, технологических инструкций. Технологическая документация разрабатывается с учетом имеющегося оборудования на конкретном производстве.

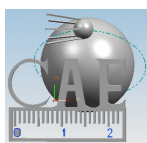
На этапе технического проектирования осуществляют изготовление макетов и выполняют их испытания с последующей корректировкой конструкторской документации.

#### **Стадия IV. Рабочий проект**

На стадии рабочего проекта оформляется рабочая конструкторская документация для изготовления изделия. В соответствии с этой документацией изготавливается опытный образец, который проходит испытания. По результатам испытаний осуществляется корректировка конструкции, экспериментально определяются технические характеристики. После внесения необходимых изменений в рабочую документацию осуществляют технологическую подготовку производства изделия.

В состав рабочей конструкторской документации входят следующие итоговые документы.

- IV.1. Электронная структура изделия (конструктивная).
- IV.2. Электронная модель сборочной единицы.
- IV.3. Электронные модели деталей.
- IV.4. Расчёты.
- IV.5. Ведомость спецификаций.
- IV.6. Спецификации на все конструктивные узлы.
- IV.7. Сборочный чертёж.
- IV.8. Чертежи деталей.



- IV.9. Габаритный чертёж.
- IV.10. Монтажный чертёж.
- IV.11. Электромонтажный чертёж.
- IV.12. Таблица соединений проводников.
- IV.13. Схемы.
- IV.14. Ведомость покупных изделий.
- IV.15. Программа и методика испытаний.
- IV.16. Эксплуатационные документы:
- руководство по эксплуатации,
  - инструкция по монтажу, пуску, регулированию изделия;
  - паспорт, содержащий сведения о гарантии, основных характеристика, сертификатах;
  - формуляр; этикетка;
  - ведомость эксплуатационных документов.
- Эксплуатационные документы можно выполнить в форме интерактивного электронного документа.
- IV.17. Ремонтные документы (данные для проведения ремонтных работ на специализированных предприятиях – руководство по ремонту, технические условия на ремонт, чертежи ремонтные, а также ведомость документов для ремонта).
- IV.18. Упаковочный чертёж.

