

# ГКС

Цифровизация  
проектно-технологической подготовки производства  
высокотехнологичных изделий военной техники

Кармишин Андрей Александрович  
Вице-президент по работе с машиностроительной отраслью

ГРУППА  
КОМПАНИЙ  
СИСТЕМАТИКА



## Единая PLM-среда для предприятий машиностроения

PLM проект = Софт + Кастомизации + Методологии + Инжиниринг + Стандарты

Собственные разработки команды ГКС



### Внедрение PLM на всех стадиях ЖЦ

- Системная инженерия
- Принципиальное проектирование систем
- Проектирование
- Инженерный анализ
- Цифровое производство
- Поддержка в эксплуатации



### Инженерное сопровождение

- При разработке текстовой КД по методам системной инженерии
- При разработке цифровой компоновки
- При разработке РКД
- Любые виды расчетов
- При решении задач цифровой ТПП
- УП ЧПУ, постпроцессоры
- Эксплуатационная документация



**Внедрение PLM  
Методология  
Ключевые принципы**

**Проектирование**

# Сквозное управление жизненным циклом



Оптимизация  
жизненного цикла  
целиком

Целостность и  
ассоциативность данных  
по всему жизненному циклу сложного изделия машиностроения

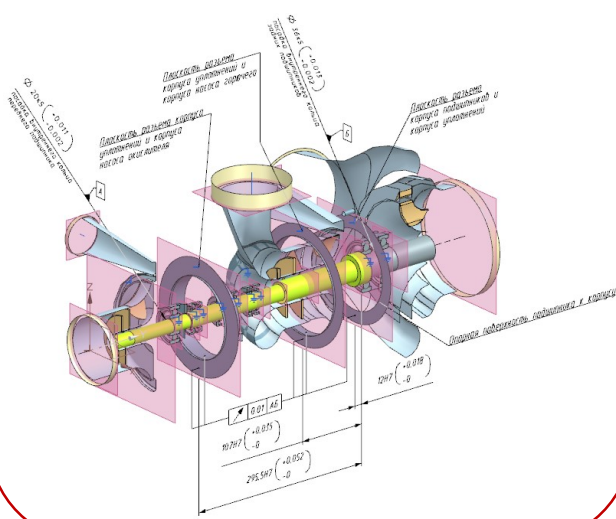


# Цифровое системное проектирование и управлением требованиями ГКС

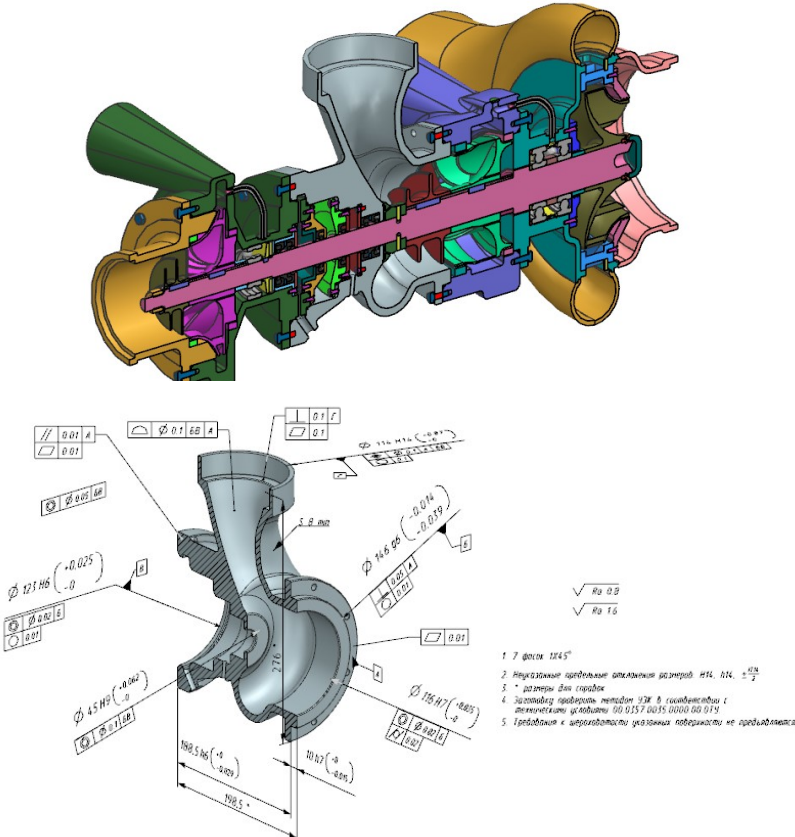
Модель требований

Идентификатор элем.	Имя ревизии	Основной текст	Трасси...	Имее...	Ном...
0000057919	Требования к ТНА		Да	Нет	
0000058104	Функциональные требования к ТНА		Да	Нет	1
REQ-000163	Перекладка горючего насосом	Насос горючего должен перекачивать к...	Да	Нет	1.1
REQ-000195	Массовый расход горючего через насос	Насос должен обеспечить массовый расх...	Да	Нет	1.1.1
REQ-000196	Давление горючего на входе в насос	Насос должен перекачивать горючее с м...	Да	Нет	1.1.2
REQ-000197	Температура горючего на входе в насос	Насос должен перекачивать горючее с м...	Да	Нет	1.1.3
REQ-000198	Давление горючего на выходе из насоса	Потребное давление горючего на выхо...	Да	Нет	1.1.4
REQ-000164	Перекладка окислителя насосом	Насос окислителя должен перекачивать ...	Да	Нет	1.2
REQ-000203	Время работы ТНА	Время работы ТНА должно составлять ...	Да	Нет	1.3
REQ-000204	КПД составных частей ТНА	КПД составных частей ТНА	Да	Нет	1.4
0000057925	Конструктивные требования к ТНА		Да	Нет	2
REQ-000173	Масса ТНА	Масса ТНА	Да	Нет	2.1
REQ-000174	Габариты ТНА	Габариты ТНА должны соответствовать Э...	Да	Нет	2.2
0000058156	Конструктивные требования к ротору ТНА		Да	Нет	2.3
REQ-000175	Соединение валов насоса и окислителя	Валы насосов окислителя и горючего дол...	Да	Нет	2.3.1
REQ-000176	Компенсация осевых нагрузок	Осевые нагрузки должны быть компенсо...	Да	Нет	2.3.2
REQ-000179	Динамический дисбаланс ротора	Допускается динамический дисбаланс ро...	Да	Нет	2.3.3
0000058160	Конструктивные требования к насосу ок...		Да	Нет	2.4
REQ-000178	Изготовление крыльчатки насоса окисле...	Крыльчатка насоса окислителя должна б...	Да	Нет	2.4.1
REQ-000211	Диаметр входа подвода окислителя	Номинальный диаметр входа подвода ок...	Да	Нет	2.4.2
REQ-000212	Диаметр выхода отвода окислителя	Номинальный диаметр выхода отвода ок...	Да	Нет	2.4.3
0000070038	Конструктивные требования к насосу го...		Да	Нет	2.5
0000058158	Конструктивные требования к турбине Т...		Да	Нет	2.6
REQ-000182	В радиальных и торцевых зазорах менее...	В радиальных и торцевых зазорах менее...	Да	Нет	2.7
0000057929	Интерфейсные требования к ТНА		Да	Нет	3
0000057931	Конфигурационные требования к ТНА		Да	Нет	4
0000057933	Эксплуатационные требования к ТНА		Да	Нет	5
REQ-000181	Длительность ремонтных работ	Длительность ремонтных работ по подго...	Да	Нет	5.1
0000057927	Экономические требования к ТНА		Да	Нет	6
REQ-000171	Себестоимость ТНА	Себестоимость ТНА должна составлять м...	Да	Нет	6.1
REQ-000172	Стоимость владения ТНА	Стоимость владения ТНА должна состав...	Да	Да	6.2

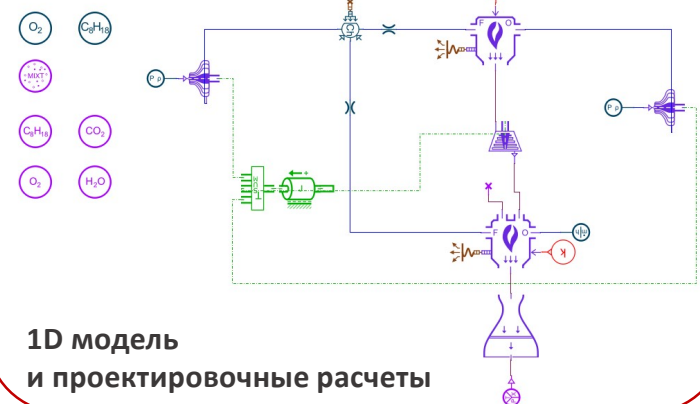
Цифровая компоновочная схема



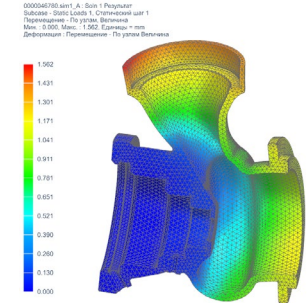
Электронный макет изделия (подлинник рабочей конструкторской документации)



Единая среда CAD/CAE/PDM со сквозными связями между всеми этапами



Поверочные расчеты



# Проектирование

Необходимые условия для построения эффективных процессов проектирования в сложном машиностроении:



Проектирование в едином виртуальном пространстве в контексте разрабатываемого изделия целиком

# Проектирование

Необходимые условия для построения эффективных процессов проектирования в сложном машиностроении:



Проектирование в едином виртуальном пространстве в контексте разрабатываемого изделия целиком



Подлинником КД должен являться Электронный Макет в CAD-PDM системе

# Проектирование

Необходимые условия для построения эффективных процессов проектирования в сложном машиностроении:



Проектирование в едином виртуальном пространстве в контексте разрабатываемого изделия целиком



Подлинником КД должен являться Электронный Макет в CAD-PDM системе



Ассоциативная связь концептуального облика изделия с детальной документацией на изделие в виде Электронного Макета



# Проектирование

ГКС

Необходимые условия для построения эффективных процессов проектирования в сложном машиностроении:



Проектирование в едином виртуальном пространстве в контексте разрабатываемого изделия целиком



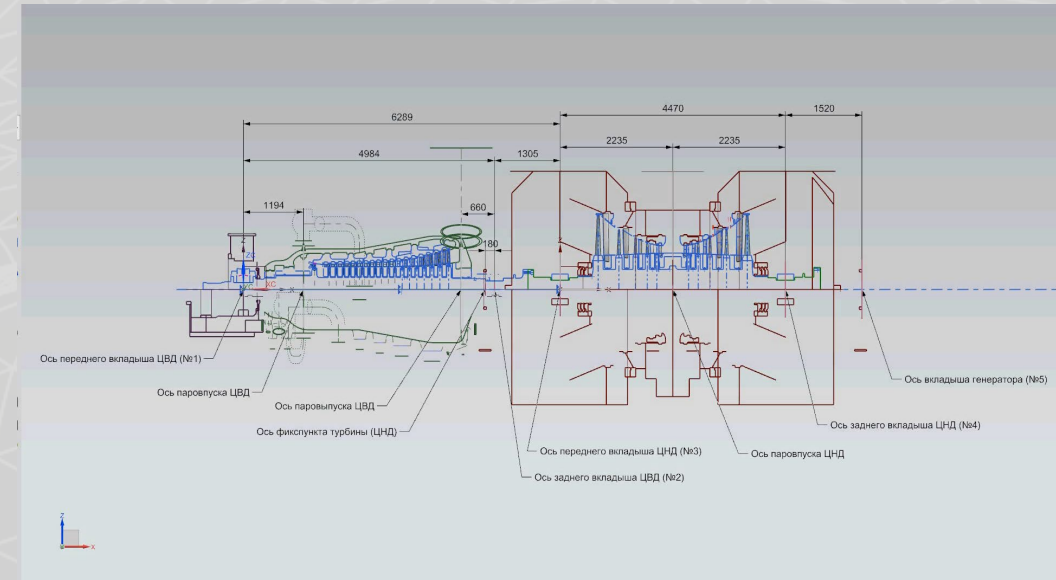
Подлинником КД должен являться Электронный Макет в CAD-PDM системе



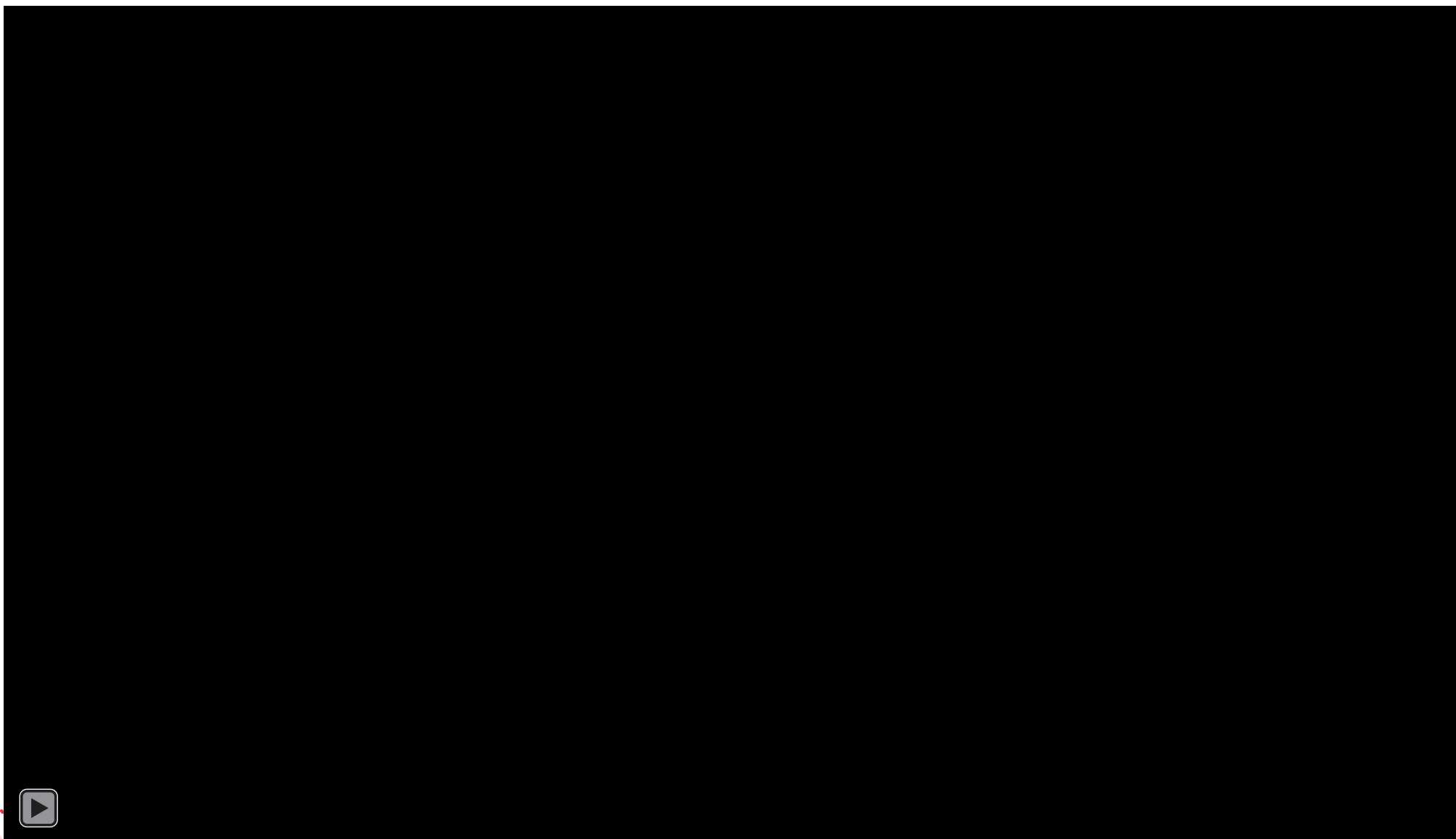
Ассоциативная связь концептуального облика изделия с детальной документацией на изделие в виде Электронного Макета



Возможность автоматизированного проведения управляемых изменений в процессе проектирования («интеллектуальность» ЭМ)



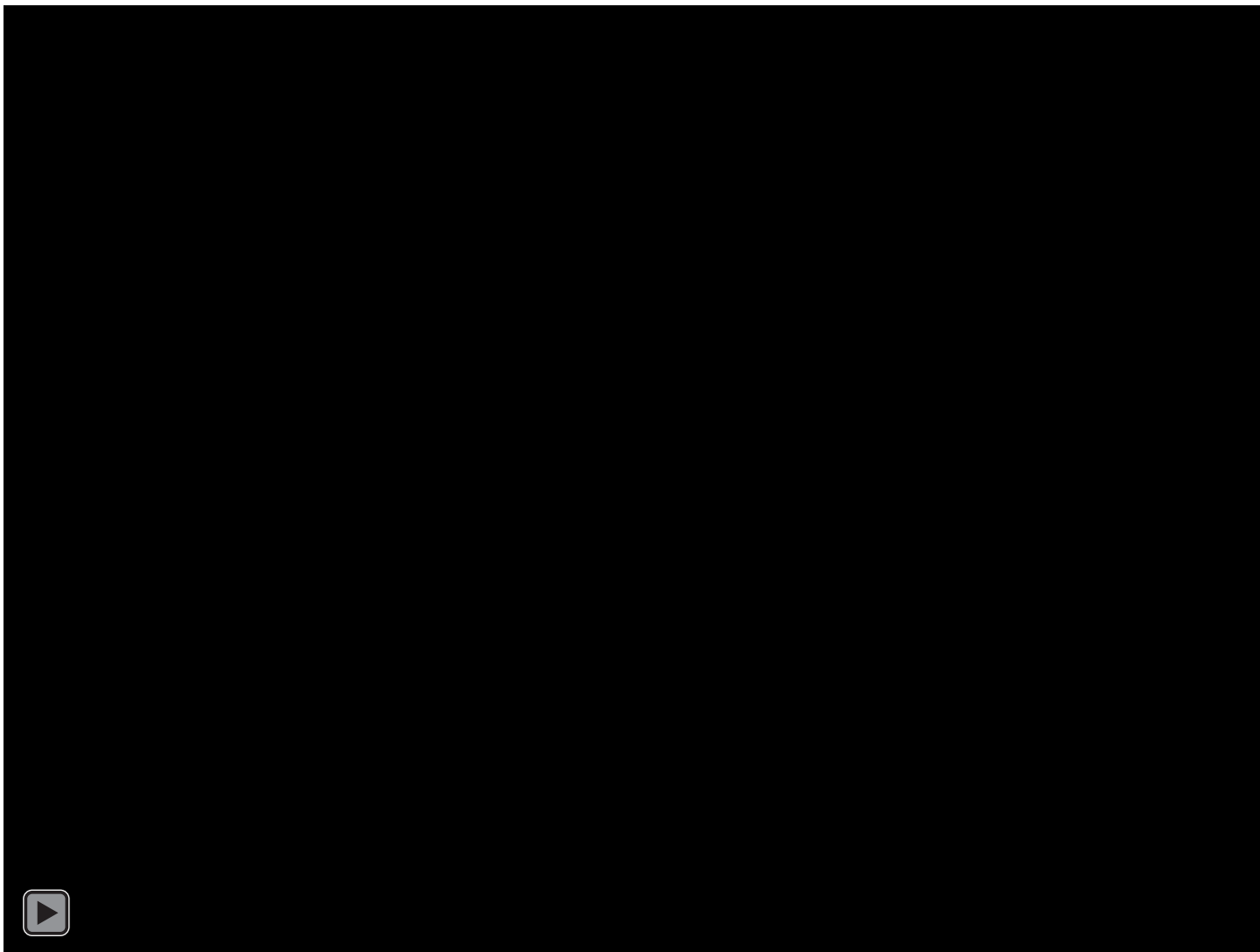
# Разработка конструкторской документации



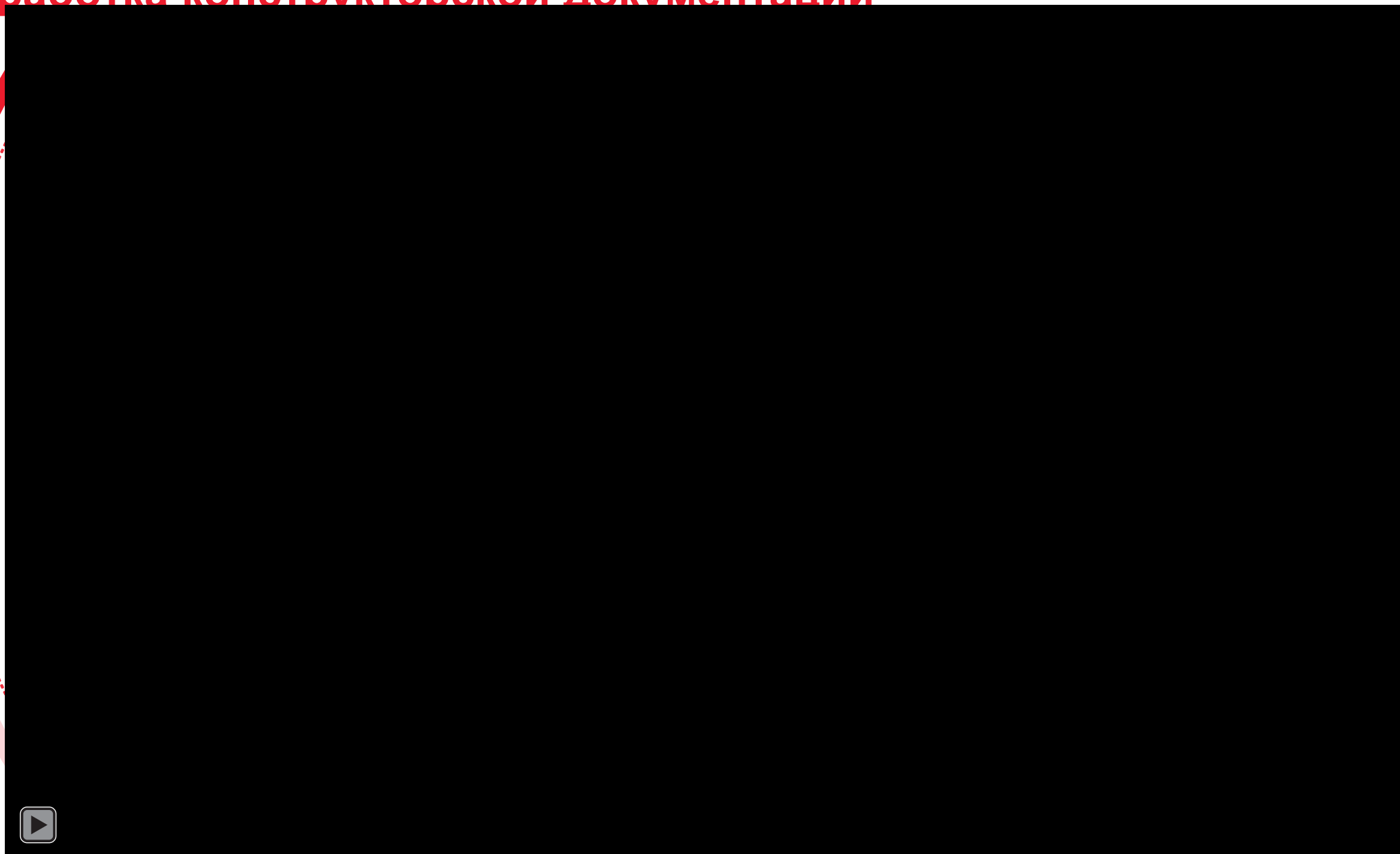


# Разработка конструкторской документации

Живой электронный макет



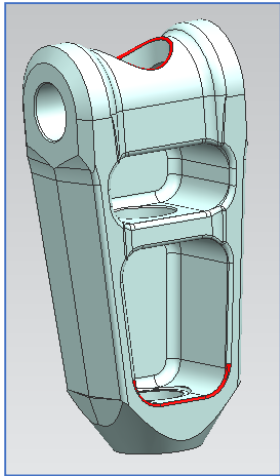
# Разработка конструкторской документации



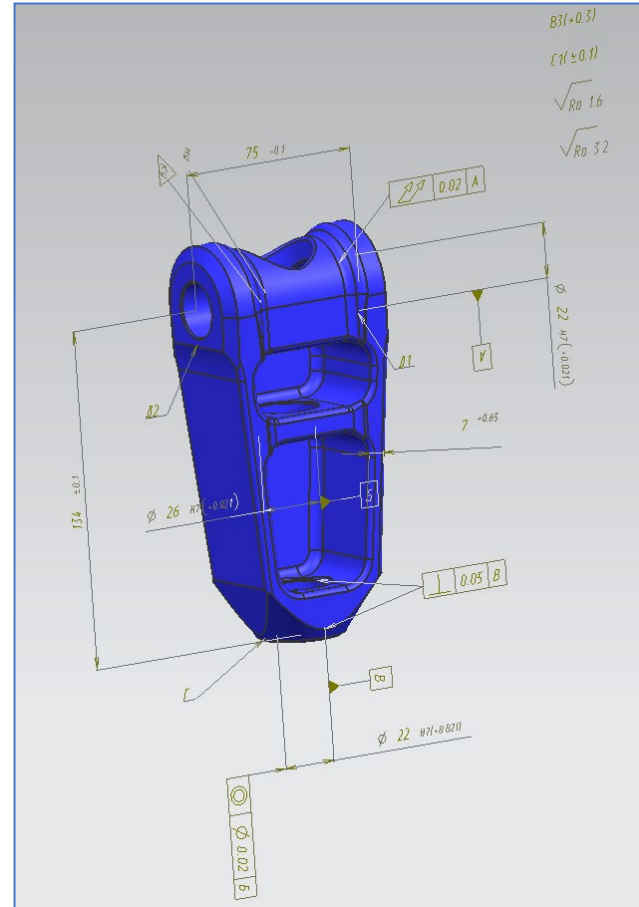
фровой рабочей  
й документации

# Возможность использования 3D модели в качестве подлинника КД ГКС

Как есть



Как должно быть



3D Разрезы

3D Сечения

3D Виды

Допуска

Шероховатости

Классные размеры

Технические  
требования



Стандарт организации СТО-4610.44-2018

Стандарт организации.  
Правила оформления электронного макета изделия с помощью  
атрибутов модели

Введен впервые

С прицелом на:

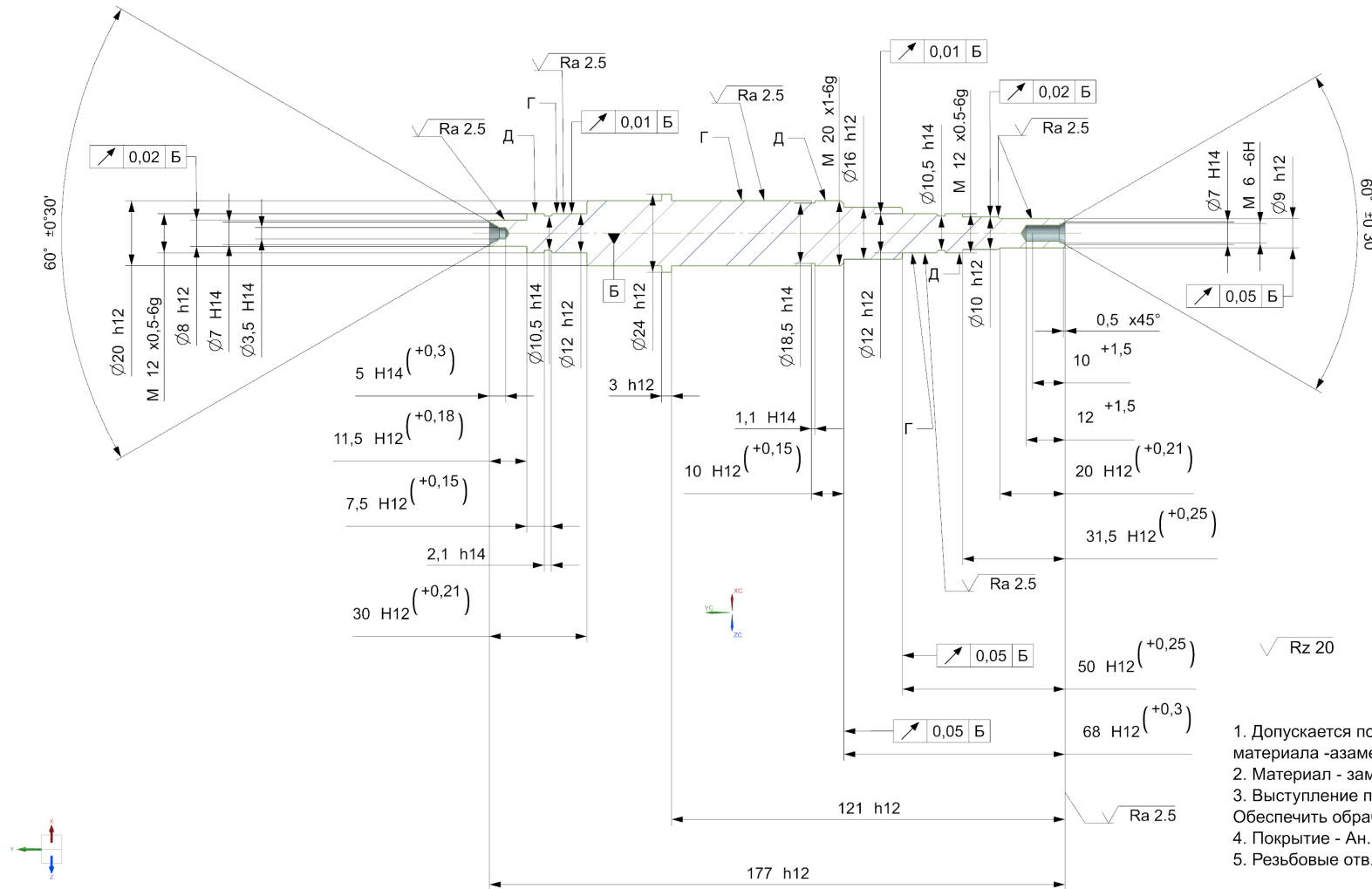
3D интерактивные техпроцессы

Отсутствие бумаги на всех этапах  
цифрового производства

Отсутствие бумаги даже при  
выполнении ручных операций в  
цеху и мехобработке на  
универсальном оборудовании



Пригодна исключительно  
для визуального восприятия  
информации



1. Допускается понижение твердости основного материала до Д16.М. материала -азаменителя - до Д1.М.
2. Материал - заменитель - пруток Д1.М. ГОСТ 21488-97.
3. Выступление поверхн. Д за диаметр поверхн. Г не допускается. Обеспечить обработкой поверхн. Д (в трех местах).
4. Покрытие - Ан. Окс. ч.
5. Резьбовые отв. допускаются без покрытия.

Technical drawing of a mechanical part, likely a shaft or pin, showing dimensions and tolerances. The part is cylindrical with a central hole and a smaller hole at the end. Dimensions are given in millimeters (mm) and tolerances are indicated by H and h values.

Key dimensions and tolerances:

- Overall length: 177 h12
- Length of main section: 121 h12
- Length of section 1: 68 h12
- Length of section 2: 68 h12
- Length of section 3: 50 H12
- Length of section 4: 31.5 H12
- Length of section 5: 20 H12
- Length of section 6: 30 h12
- Length of section 7: 2.1 H14
- Length of section 8: 7.5 H14
- Length of section 9: 11.5 h12
- Length of section 10: 10 H14
- Length of section 11: 3 h12
- Length of section 12: 1.1 H14
- Length of section 13: 8 h12
- Length of section 14: 10.5 h12
- Length of section 15: 12 h12
- Length of section 16: 20 h12
- Length of section 17: 20 h12
- Length of section 18: 20 h12
- Length of section 19: 20 h12
- Length of section 20: 20 h12
- Length of section 21: 20 h12
- Length of section 22: 20 h12
- Length of section 23: 20 h12
- Length of section 24: 20 h12
- Length of section 25: 20 h12
- Length of section 26: 20 h12
- Length of section 27: 20 h12
- Length of section 28: 20 h12
- Length of section 29: 20 h12
- Length of section 30: 20 h12
- Length of section 31: 20 h12
- Length of section 32: 20 h12
- Length of section 33: 20 h12
- Length of section 34: 20 h12
- Length of section 35: 20 h12
- Length of section 36: 20 h12
- Length of section 37: 20 h12
- Length of section 38: 20 h12
- Length of section 39: 20 h12
- Length of section 40: 20 h12
- Length of section 41: 20 h12
- Length of section 42: 20 h12
- Length of section 43: 20 h12
- Length of section 44: 20 h12
- Length of section 45: 20 h12
- Length of section 46: 20 h12
- Length of section 47: 20 h12
- Length of section 48: 20 h12
- Length of section 49: 20 h12
- Length of section 50: 20 h12
- Length of section 51: 20 h12
- Length of section 52: 20 h12
- Length of section 53: 20 h12
- Length of section 54: 20 h12
- Length of section 55: 20 h12
- Length of section 56: 20 h12
- Length of section 57: 20 h12
- Length of section 58: 20 h12
- Length of section 59: 20 h12
- Length of section 60: 20 h12
- Length of section 61: 20 h12
- Length of section 62: 20 h12
- Length of section 63: 20 h12
- Length of section 64: 20 h12
- Length of section 65: 20 h12
- Length of section 66: 20 h12
- Length of section 67: 20 h12
- Length of section 68: 20 h12
- Length of section 69: 20 h12
- Length of section 70: 20 h12
- Length of section 71: 20 h12
- Length of section 72: 20 h12
- Length of section 73: 20 h12
- Length of section 74: 20 h12
- Length of section 75: 20 h12
- Length of section 76: 20 h12
- Length of section 77: 20 h12
- Length of section 78: 20 h12
- Length of section 79: 20 h12
- Length of section 80: 20 h12
- Length of section 81: 20 h12
- Length of section 82: 20 h12
- Length of section 83: 20 h12
- Length of section 84: 20 h12
- Length of section 85: 20 h12
- Length of section 86: 20 h12
- Length of section 87: 20 h12
- Length of section 88: 20 h12
- Length of section 89: 20 h12
- Length of section 90: 20 h12
- Length of section 91: 20 h12
- Length of section 92: 20 h12
- Length of section 93: 20 h12
- Length of section 94: 20 h12
- Length of section 95: 20 h12
- Length of section 96: 20 h12
- Length of section 97: 20 h12
- Length of section 98: 20 h12
- Length of section 99: 20 h12
- Length of section 100: 20 h12

Поверхности Д  
Поверхности Г

1. Выступление поверхн. Д за диаметр поверхн. Г не допускается. Обеспечить обработкой поверхн. Д (в трех местах).

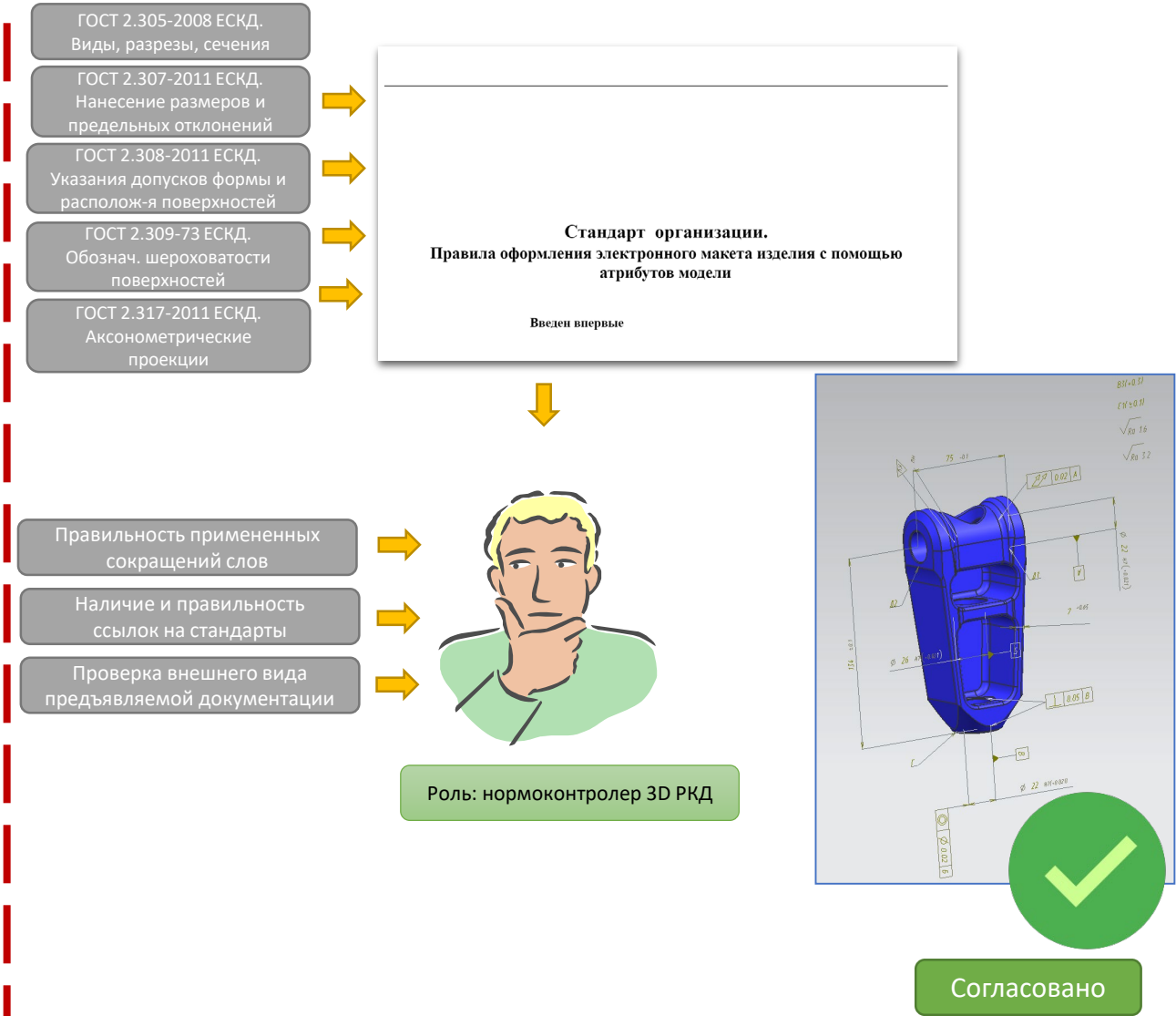
Можно получить доступ ко всем свойствам конкретного объекта на любом этапе жизненного цикла изделия

Нормоконтроль 3D РКД настоящий момент не осуществляется, производится по бумажным чертежам

## ГОСТ 2.111-2013 Мероприятия Нормоконтроля

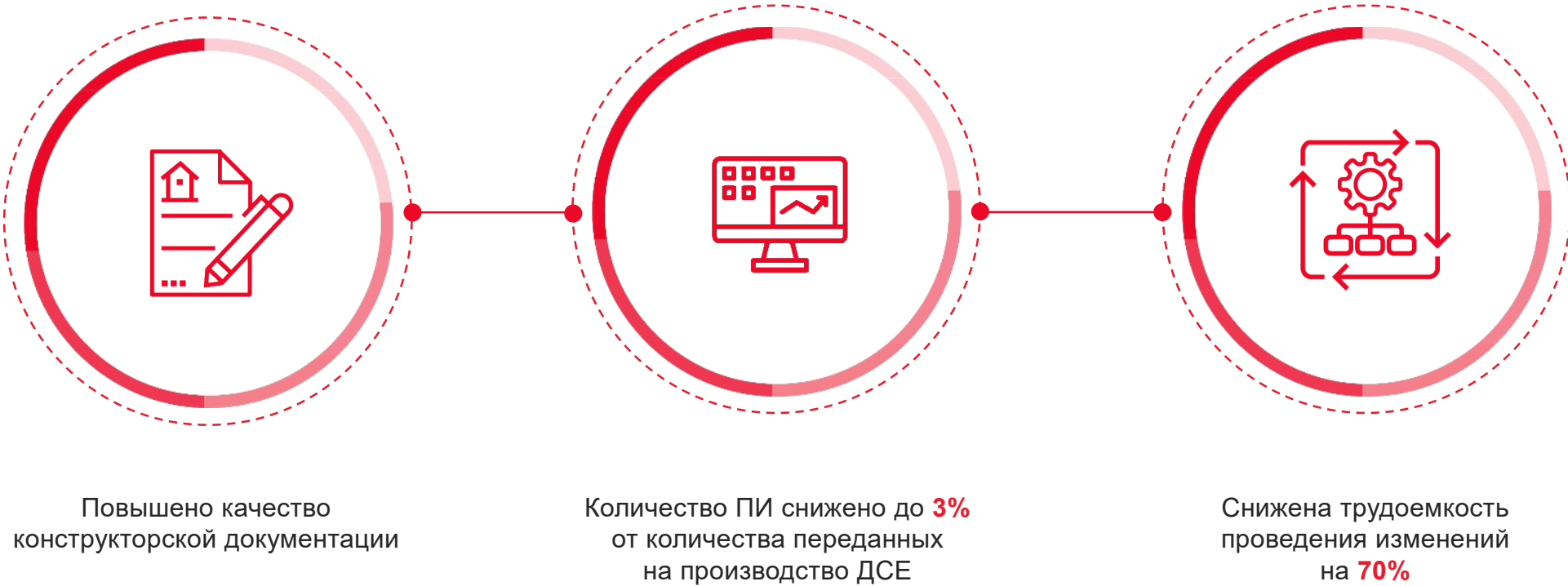
Вид документа	Что проверяется
1 Конструкторские документы всех видов, в том числе электронные конструкторские документы	а) соответствие обозначения, присвоенного КД, установленной системе обозначений КД;
	б) комплектность документации в соответствии с техническим заданием или КД;
	в) правильность выполнения основной надписи и дополнительных граф. Соответствие состава реквизитной части требованиям стандартов и другими НД для электронных документов проверяют при настройке программных средств;
	г) правильность примененных сокращений слов;
	д) наличие и правильность ссылок на стандарты и другие НД;
	е) полнота заполнения атрибутов реквизитной части;
	ж) проверка наличия установленных подписей;
	и) проверка внешнего вида предъявляемой документации

- Система
- Система
- Система
- Человек
- Человек
- Система
- Система
- Человек





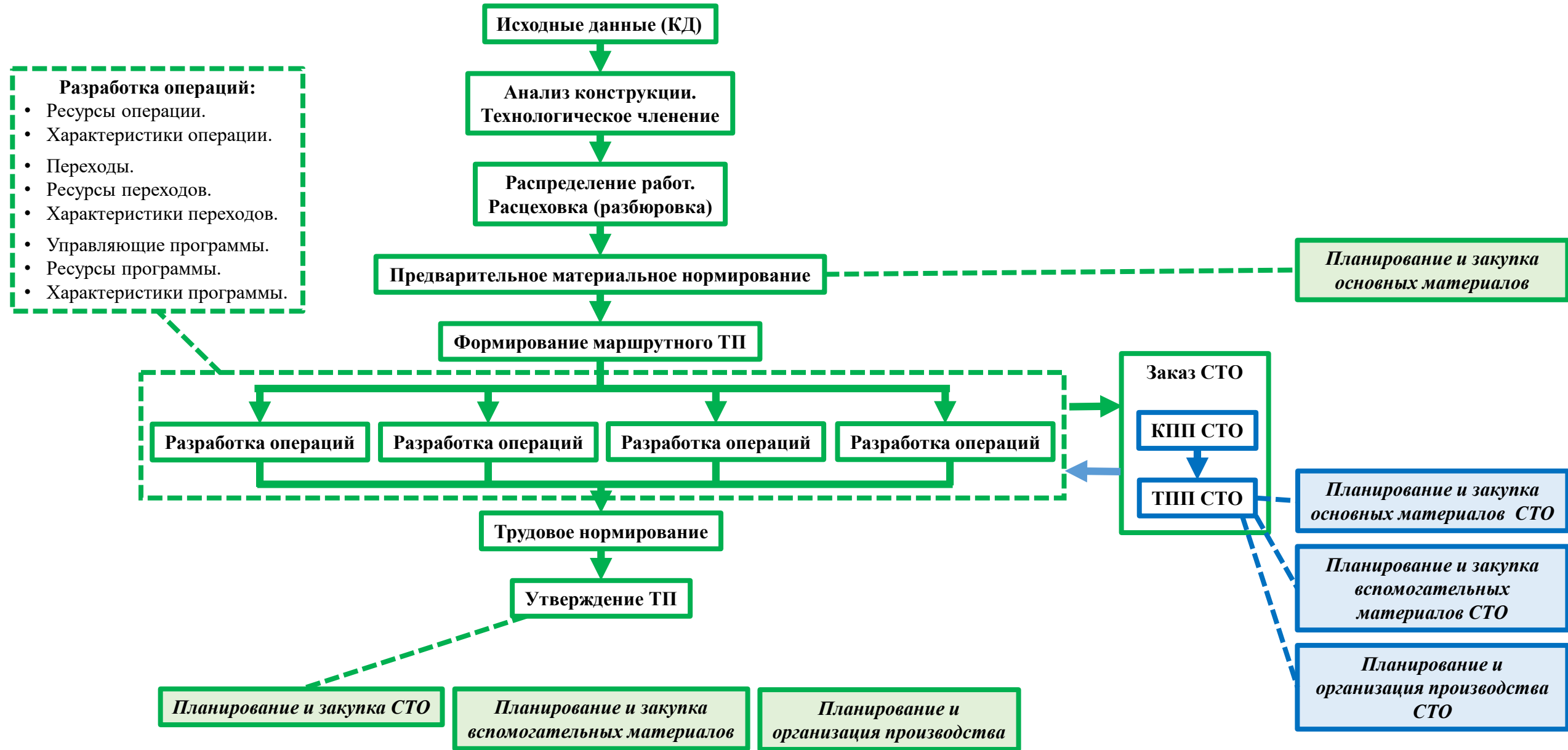
# Подтвержденные результаты при цифровой разработке КД

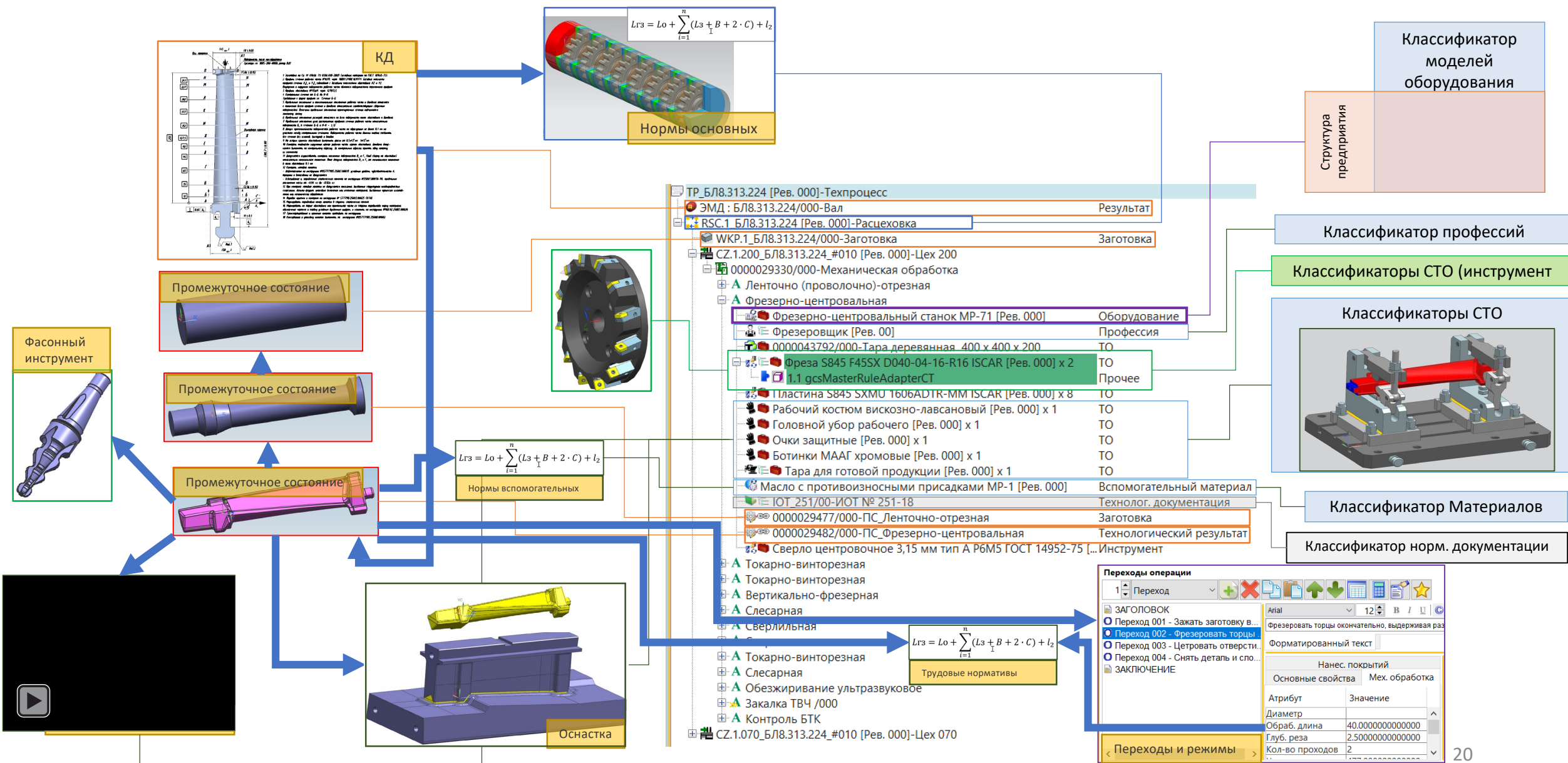


**Внедрение PLM  
Методология  
Ключевые принципы**

**Цифровая технологическая  
подготовка производства**

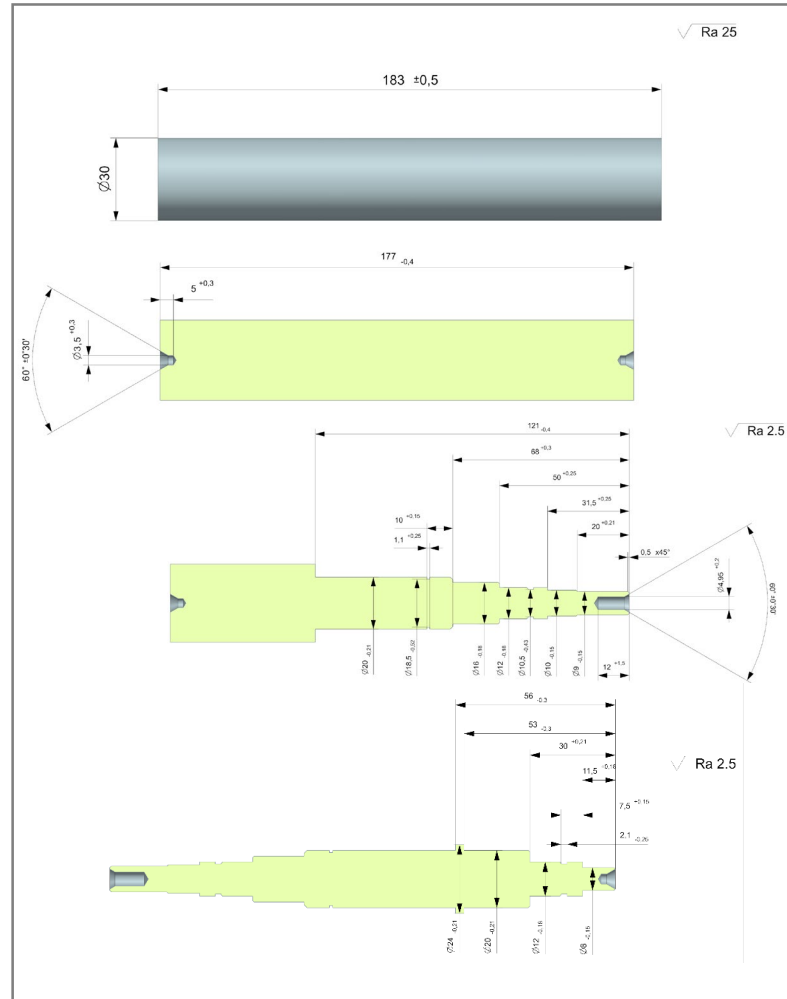
# Принципиальная схема. Цифровая ТПП





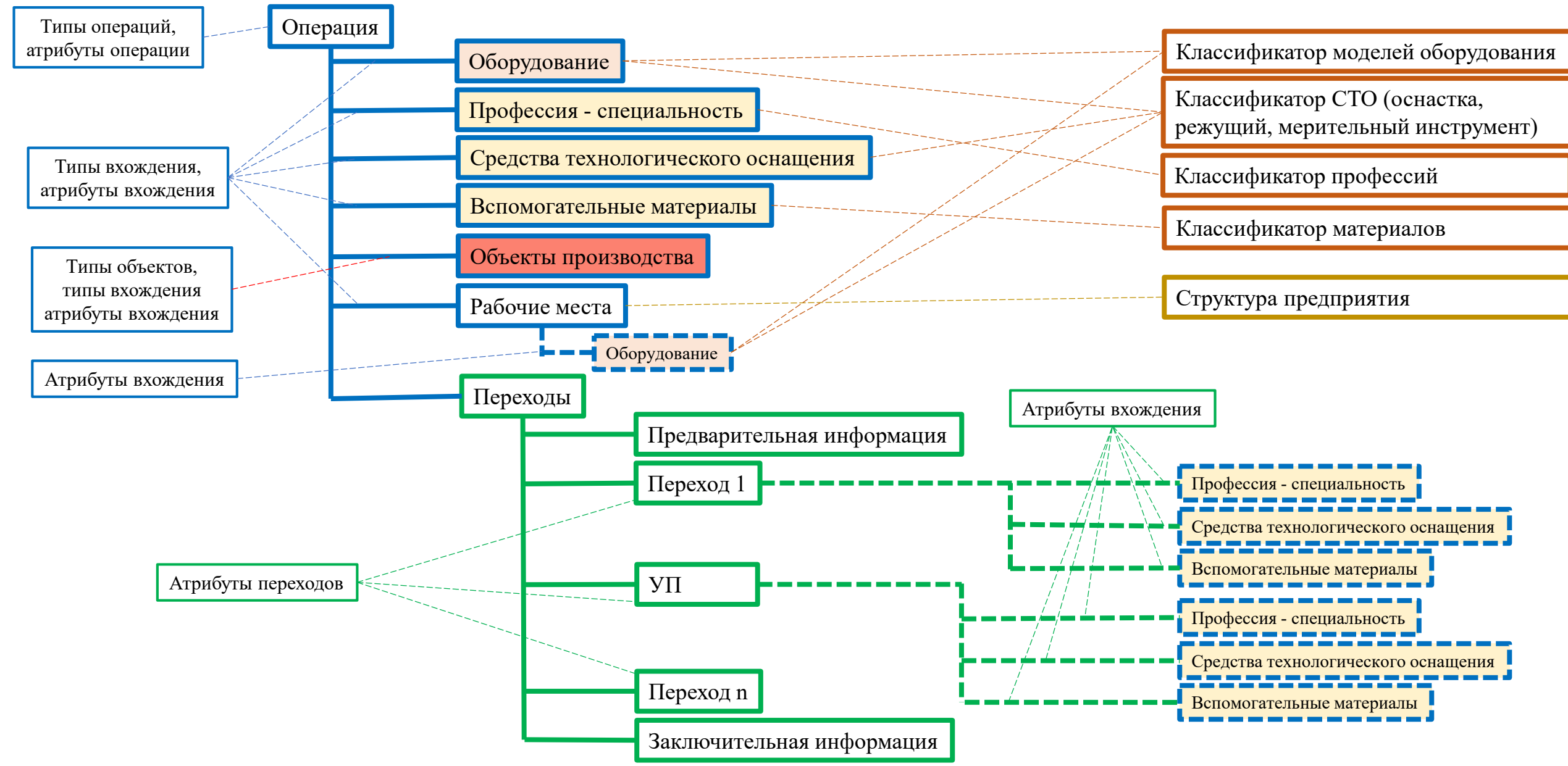
 $\sqrt{Rz\ 20}$  $\sqrt{Rz\ 40}$ 

1. Допускается понижение твердости основного материала до  $\Delta 16\text{М}$ , материала - азачинителя - до  $\Delta 1\text{М}$ .
2. Материал - зачиитель - прутки  $\Delta 1\text{М}$  ГОСТ 21488-97.
3. Выступление поверхн.  $\Delta 2$  за диаметр поверхн.  $\Gamma$  не допускается. Обеспечить односторонний поверхн.  $\Delta 2$  (в трех местах).
4. Покрытие - Ан Окс ч
5. Резьбовые отб. допускаются без покрытия.



Формирование однозначных требований для проектирования приспособлений и оснастки.

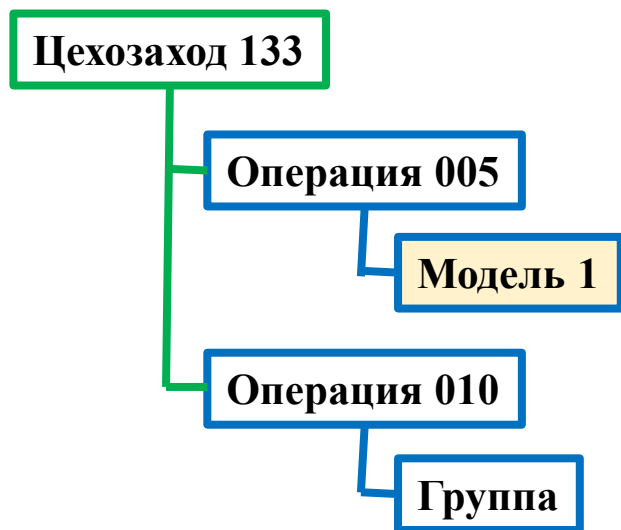
# Операция. Основная информационная единица, содержащая необходимую и достаточную информацию для работы ERP на машиностроительном предприятии





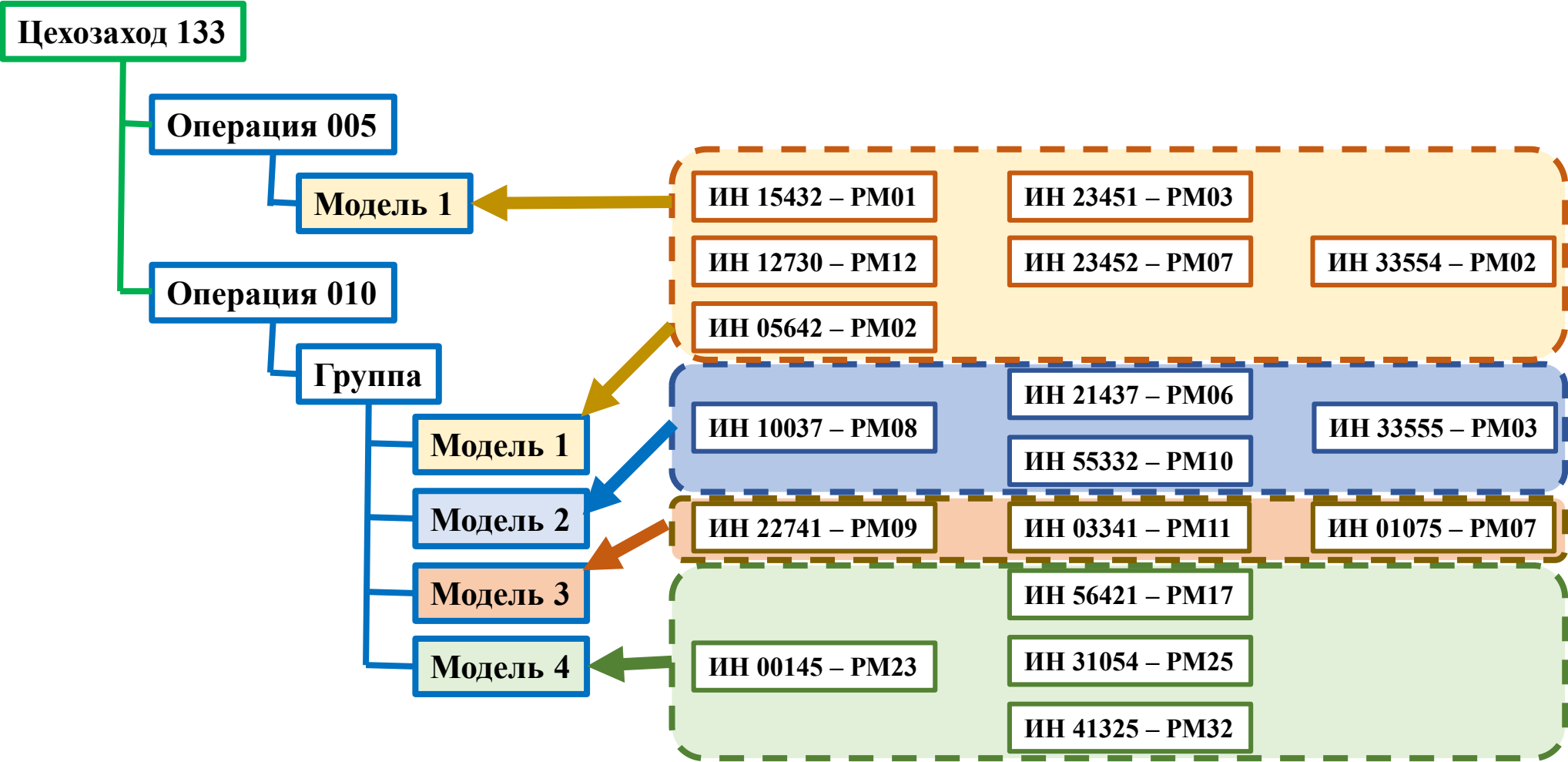
# Структура предприятия.

1. Технолог назначает на операцию модель оборудования



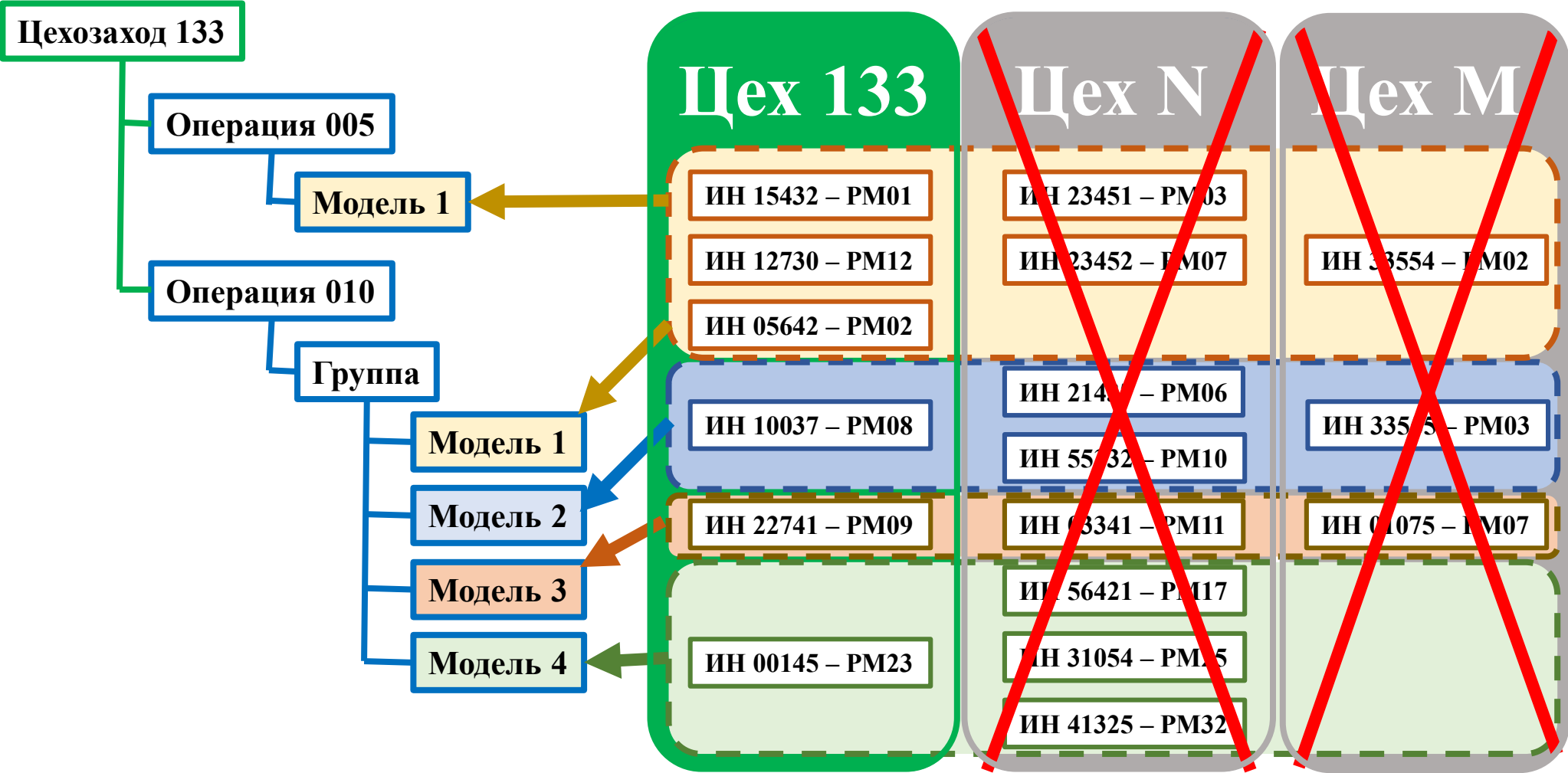
# Структура предприятия.

2. ERP находит все рабочие места на которых размещено оборудование



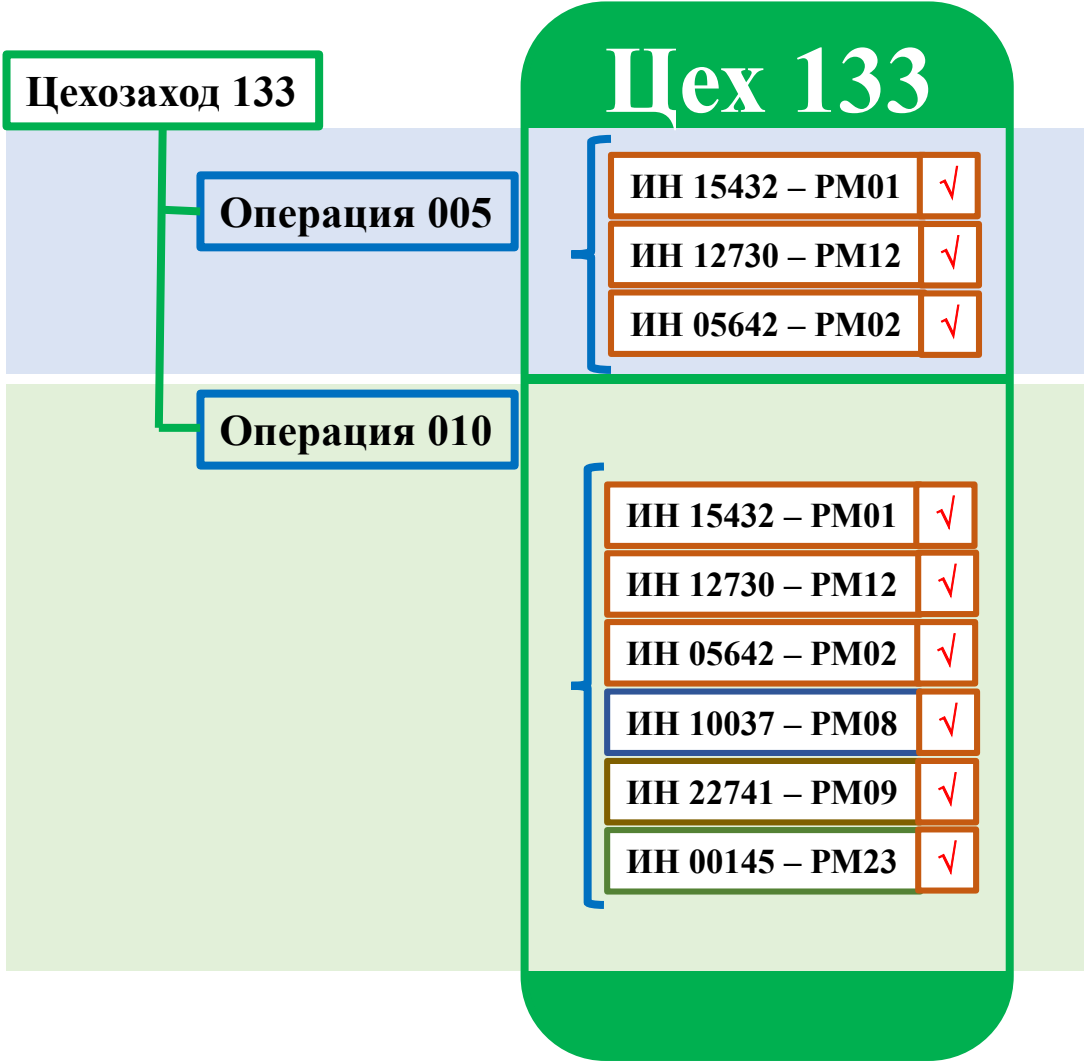
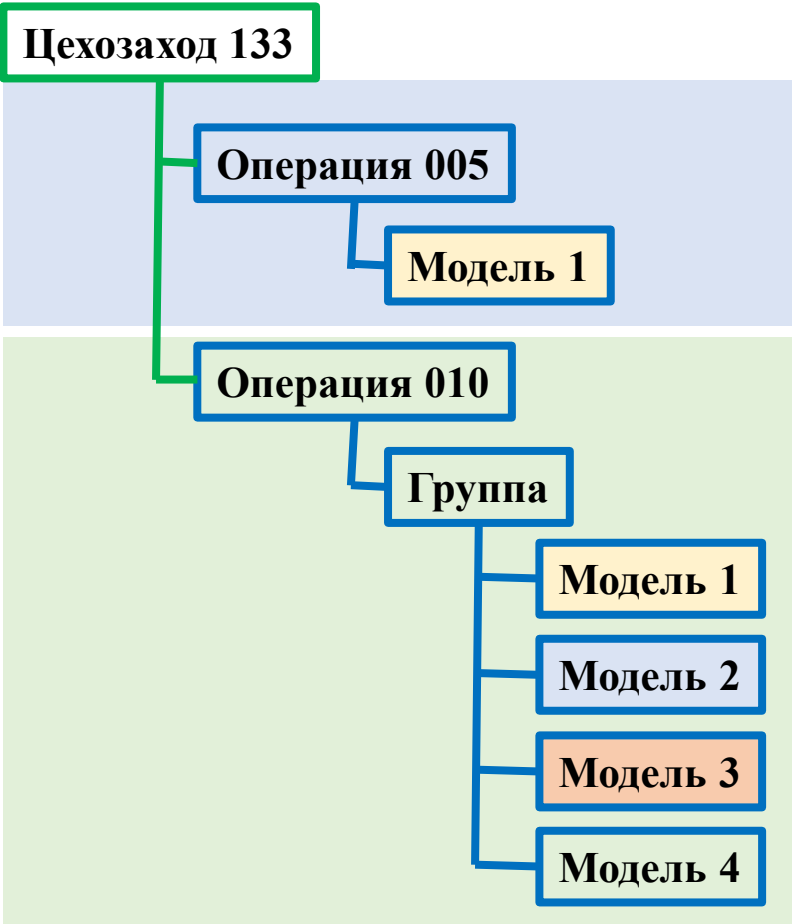
# Структура предприятия.

3. ERP ограничивает рабочие места в пределах цеха



# Структура предприятия.

4. Мастер цеха видит назначенные рабочие места и может управлять ими



# Особенности ТПП по ЭМИ. Последовательности операций ТП

ГКС

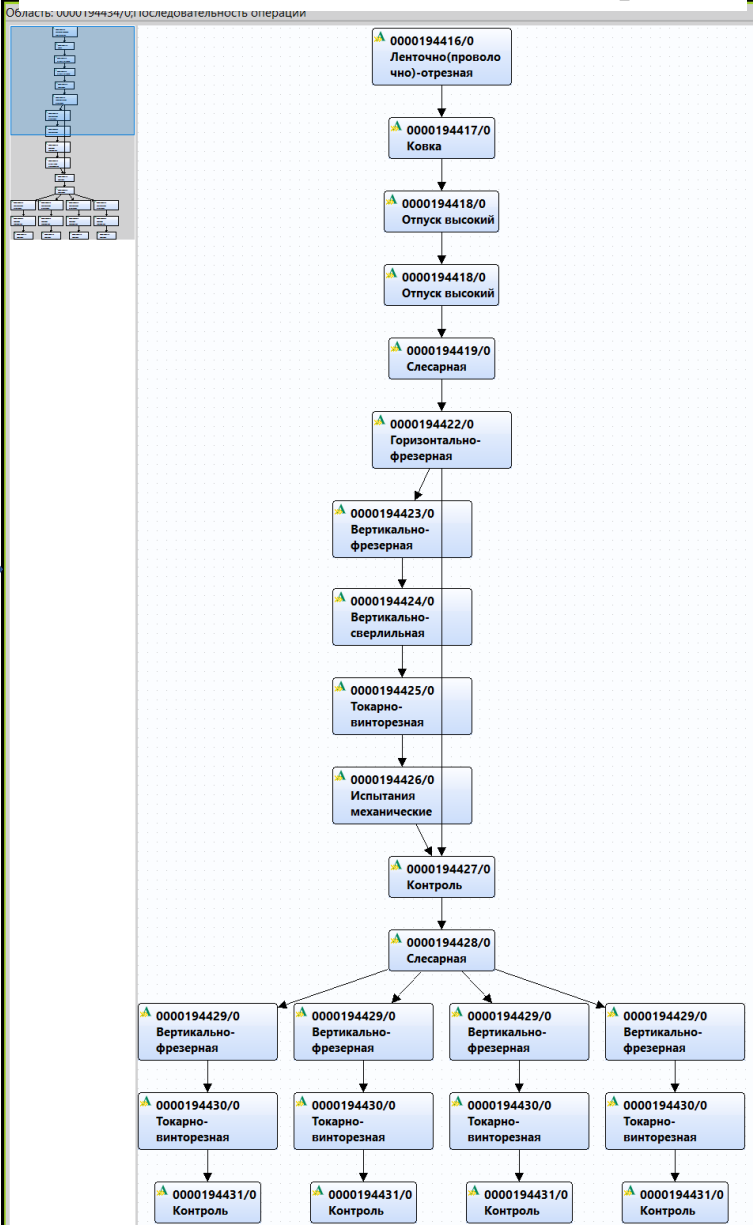
Сквозной ТП  
(разрабатывается пользователями)

Строка структуры	Позиция
TP_0000194362/0;Техпроцесс	
0000194362/0;Деталь	10
RSC.1_0000194362/0;Расцеховка	20
WKP.1_0000194362/0;Заготовка	1
0000194362/0;Деталь x 4	2
CZ.1.107_0000194362_#010/0;Цех 107	10
VR00002536/0;Ковка штамповка	005
0000194416/0;Ленточно(проволочно)-отрезная	005
0000194417/0;Ковка	010
VR00002537/0;Термическая обработка	010
0000194418/0;Отпуск высокий	005
VR00002538/0;Механическая обработка	015
0000194419/0;Слесарная	005
0000194422/0;Горизонтально-фрезерная	010
VR00002539/0;Механическая обработка	020
0000194423/0;Вертикально- фрезерная	005
0000194424/0;Вертикально-сверлильная	010
0000194425/0;Токарно-винторезная	015
VR00002540/0;Технический контроль	025
0000194426/0;Испытания механические	005
VR00002541/0;Технический контроль	030
0000194427/0;Контроль	005
0000194428/0;Слесарная	010
CZ.1.133_0000194362_#010/0;Цех 133 x 4	20
VR00002542/0;Механическая обработка	005
0000194429/0;Вертикально- фрезерная	005
0000194430/0;Токарно-винторезная	010
VR00002543/0;Технический контроль	010
0000194431/0;Контроль	005

Сквозная последовательность операций  
(создается на основе сквозного ТП )

Строка структуры
0000194434/0;Последовательность операций
0000194416/0;Ленточно(проволочно)-отрезная
0000194417/0;Ковка
0000194418/0;Отпуск высокий
0000194418/0;Отпуск высокий
0000194419/0;Слесарная
0000194422/0;Горизонтально-фрезерная
0000194423/0;Вертикально- фрезерная
0000194424/0;Вертикально-сверлильная
0000194425/0;Токарно-винторезная
0000194426/0;Испытания механические
0000194427/0;Контроль
0000194428/0;Слесарная
0000194429/0;Вертикально- фрезерная
0000194429/0;Вертикально- фрезерная
0000194429/0;Вертикально- фрезерная
0000194429/0;Вертикально- фрезерная
0000194430/0;Токарно-винторезная
0000194430/0;Токарно-винторезная
0000194430/0;Токарно-винторезная
0000194431/0;Контроль
0000194431/0;Контроль
0000194431/0;Контроль
0000194431/0;Контроль

Сквозная последовательность операций



# Особенности ТПП по ЭМИ. Последовательности операций ТП

ГКС

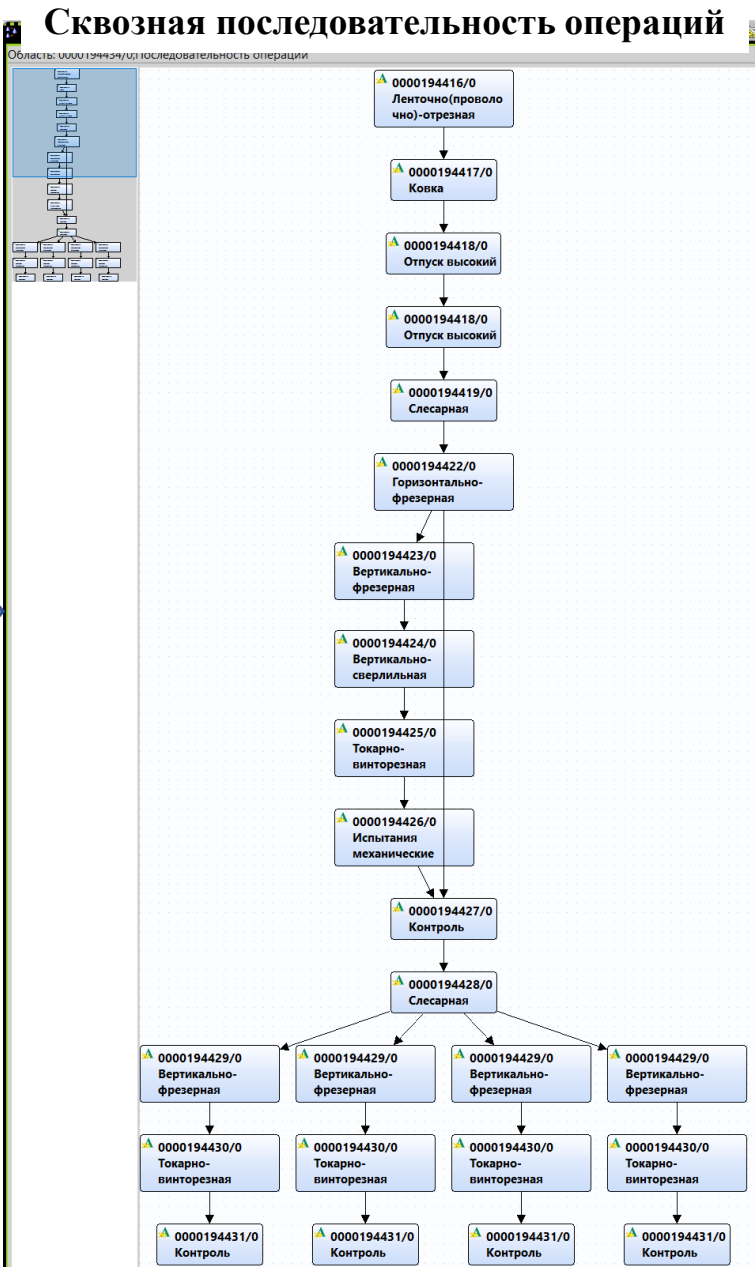
Сквозной ТП  
(разрабатывается пользователями)

Строка структуры	Позиция
TP_0000194362/0;Техпроцесс	
0000194362/0;Деталь	10
RSC.1_0000194362/0;Расцеховка	20
WKP.1_0000194362/0;Заготовка	1
0000194362/0;Деталь x 4	2
CZ.1.107_0000194362_#010/0;Цех 107	10
VR00002536/0;Ковка штамповка	005
0000194416/0;Ленточно(проволочно)-отрезная	005
0000194417/0;Ковка	010
VR00002537/0;Термическая обработка	010
0000194418/0;Отпуск высокий	005
VR00002538/0;Механическая обработка	015
0000194419/0;Слесарная	005
0000194422/0;Горизонтально-фрезерная	010
VR00002539/0;Механическая обработка	020
0000194423/0;Вертикально- фрезерная	005
0000194424/0;Вертикально-сверлильная	010
0000194425/0;Токарно-винторезная	015
VR00002540/0;Технический контроль	025
0000194426/0;Испытания механические	005
VR00002541/0;Технический контроль	030
0000194427/0;Контроль	005
0000194428/0;Слесарная	010
CZ.1.133_0000194362_#010/0;Цех 133 x 4	20
VR00002542/0;Механическая обработка	005
0000194429/0;Вертикально- фрезерная	005
0000194430/0;Токарно-винторезная	010
VR00002543/0;Технический контроль	010
0000194431/0;Контроль	005



Сквозная последовательность операций  
(создается на основе сквозного ТП )

Строка структуры
0000194434/0;Последовательность операций
0000194416/0;Ленточно(проволочно)-отрезная
0000194417/0;Ковка
0000194418/0;Отпуск высокий
0000194418/0;Отпуск высокий
0000194419/0;Слесарная
0000194422/0;Горизонтально-фрезерная
0000194423/0;Вертикально- фрезерная
0000194424/0;Вертикально-сверлильная
0000194425/0;Токарно-винторезная
0000194426/0;Испытания механические
0000194427/0;Контроль
0000194428/0;Слесарная
0000194429/0;Вертикально- фрезерная
0000194429/0;Вертикально- фрезерная
0000194429/0;Вертикально- фрезерная
0000194429/0;Вертикально- фрезерная
0000194430/0;Токарно-винторезная
0000194430/0;Токарно-винторезная
0000194430/0;Токарно-винторезная
0000194431/0;Контроль
0000194431/0;Контроль
0000194431/0;Контроль
0000194431/0;Контроль





<b>Вид работ</b>	<b>ГОСТ</b>
<b>Литье</b>	3.1401
<b>Раскрой материала</b>	3.1402
<b>Ковка и горячая штамповка</b>	3.1403
<b>Механическая обработка</b>	3.1404
<b>Термическая обработка</b>	3.1405
<b>Сборка (все виды соединений)</b>	3.1407
<b>Нанесение покрытия</b>	3.1408
<b>Изготовление изделий из пластмасс и резин</b>	3.1409
<b>Изготовление изделий методом порошковой металлургии</b>	31412
<b>Технический контроль</b>	3.1502
<b>Процессы перемещения</b>	Р 50-111-89



## Цифровое производство

### Подтвержденный результат:

- Существенное снижение количества ошибок на производстве вследствие качественно иного уровня проработки технологической документации
- Достоверность производственного планирования



## Подтвержденный результат

- Существенное снижение количества ошибок на производстве вследствие качественно иного уровня проработки технологической документации
- Достоверность производственного планирования

- Предоставить рабочему прямой доступ к цифровой документации без дополнительной трудоемкости по оформлению бумажной документации
- Сокращение сроков подготовки и запуска в производство изделий
- Постоянно актуальная информация напрямую из системы
- Уменьшение количества изменений вносимых в конструкторскую и технологическую документацию на стадии производства







# ГКС

ГКС (АО «Группа Систематика»)

108811, Москва, п. Московский, Киевское ш., 22-й км,  
домовл. 6, стр. 1, офисный парк Comcity, корпус А4б

+7 (495) 729-5170 | [info@gcs.ru](mailto:info@gcs.ru) | [www.gcs.ru](http://www.gcs.ru)