
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ НА ОБОРУДОВАНИИ С ЧПУ.

Проблемы и возможности.

1. Повышение эффективности – актуальная задача

- **Объективные предпосылки**
- **Методы анализа эффективности**
- **Возможности для бизнеса**
- **Необходимые ресурсы**

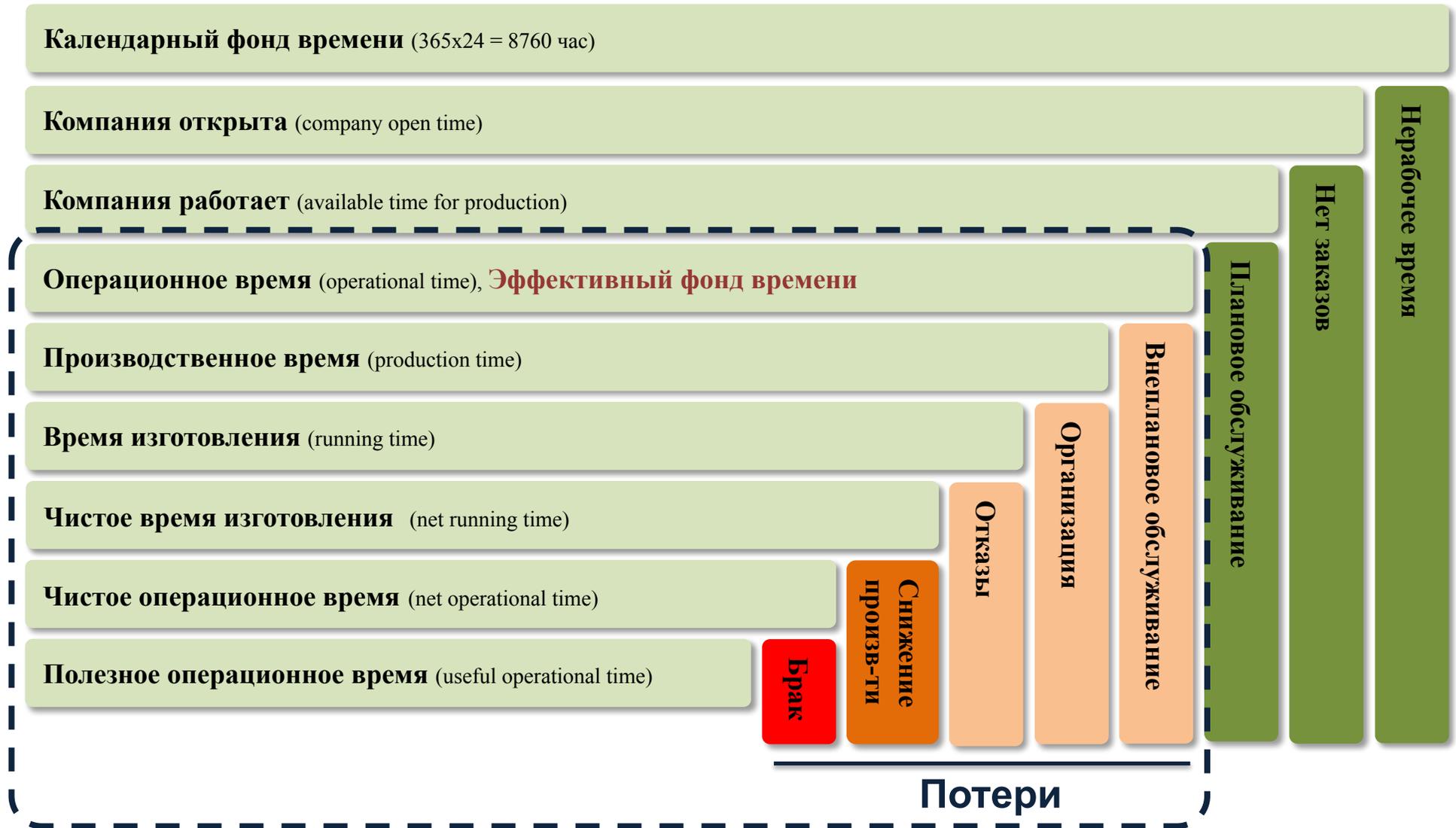
2. «Технологическая система» – основа эффективности

- **Современная технологическая система**
- **Свойства технологической системы**
- **Технические методы**

3. Примеры

- 1. Производительность труда на российских предприятиях «отстаёт» от «мирового уровня»**
 - Большие потери времени на переналадку оборудования
 - Применяемые технологии отстают от технического уровня станков
 - На предприятиях отсутствует систематическая работа по повышению эффективности оборудования
- 2. Оснащение новым оборудованием выросло (близко к насыщению)**
 - Дефицит квалифицированного персонала
 - Отсутствуют свободные площади для установки дополнительного оборудования
- 3. Повышение эффективности \approx в 5-10 раз выгоднее приобретения дополнительного оборудования**

Overall Equipment Effectiveness («ОЕЕ» - Общая эффективность оборудования)



Определение показателя «ОЕЕ» на рабочем месте



$$\text{Готовность} = T_{факт} / T_{план}$$

$$\text{Производительность} = T_{норм} / T_{факт}$$

$$\text{Качество} = T_{годн} / T_{норм}$$

$$\text{ОЕЕ} = \text{Качество} * \text{Производительность} * \text{Готовность} * 100\%$$

Метод анализа эффективности



1000%

>1000%

Технологическая система

Определение по ГОСТ 27.004-85:

«Совокупность функционально взаимосвязанных средств технологического оснащения, предметов производства и исполнителей для выполнения в регламентированных условиях производства заданных технологических процессов или операций»

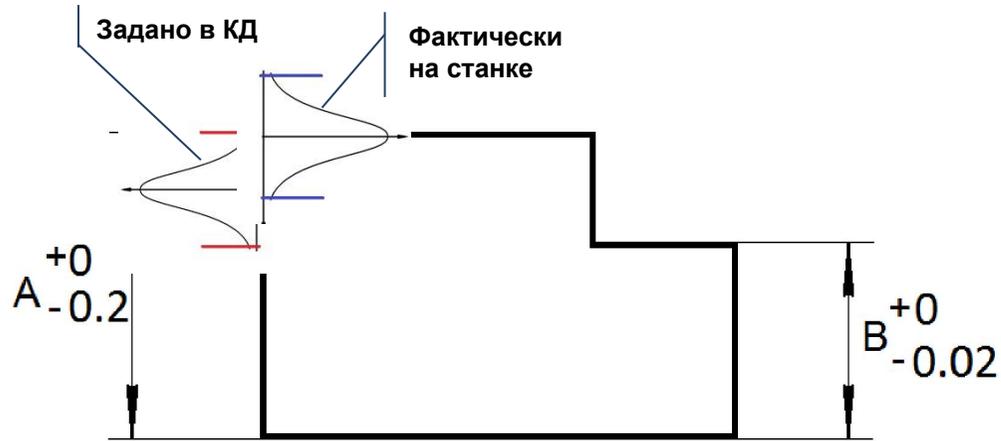
«ТС» - обобщает «точки зрения» на техпроцессы

- **Выявляет ограничения техпроцессов** (результаты - в рамках свойств ТС)
- **Определяет цель и задачи оптимизации техпроцессов**

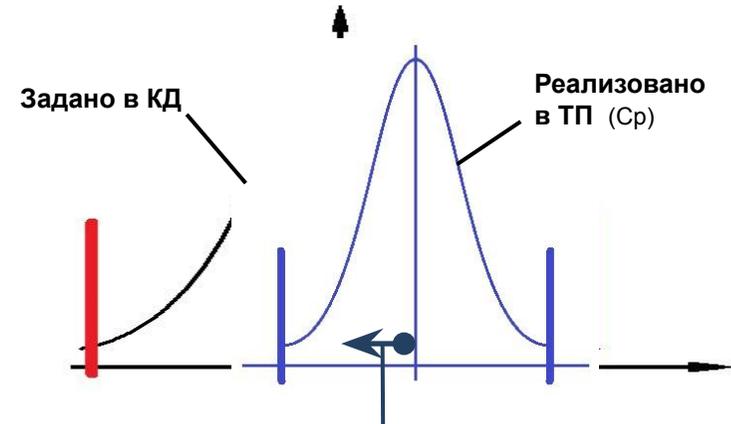
Свойства применяемой ТС (ограничения ТП):

- **Уровень точности изделий определяется оборудованием и оснасткой** (размеры – самое главное)
- **Высокая трудоёмкость переналадки** (слабая унификации приспособлений, много установов)
- **Длительное время запуска нового изделия** (много специальной оснастки)
- **Большая зависимость размеров (качества) изделий от оператора**

Простая размерная цепь



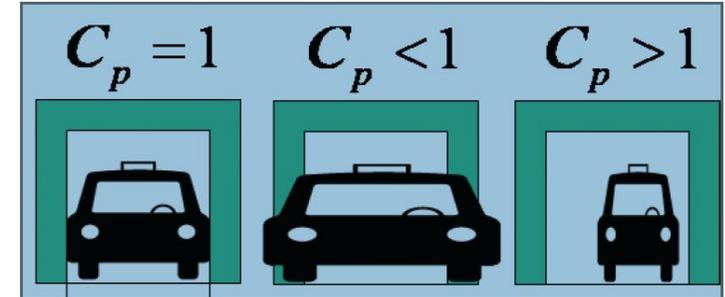
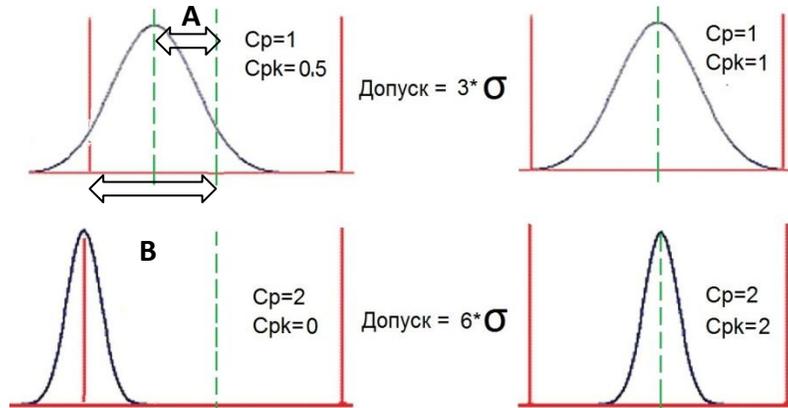
- Обработка по номинальным размерам приведёт к браку 50%!
- Для обработки на станках с ЧПУ лучше использовать симметричные допуски.



Обратная связь для каждого размера (Срк)

Необходимо контролировать фактические размеры в процессе обработки и корректировать положение инструмента (реализовать технологическую обратную связь)

Параметры «Ср», «Срк»



Физический смысл параметра «Ср»

$$C_{pk} = C_p \cdot (1 - k); k = A/B$$

Ср – индекс воспроизводимости (потенциал техпроцесса):

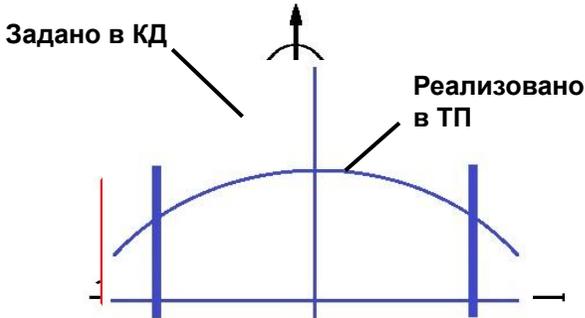
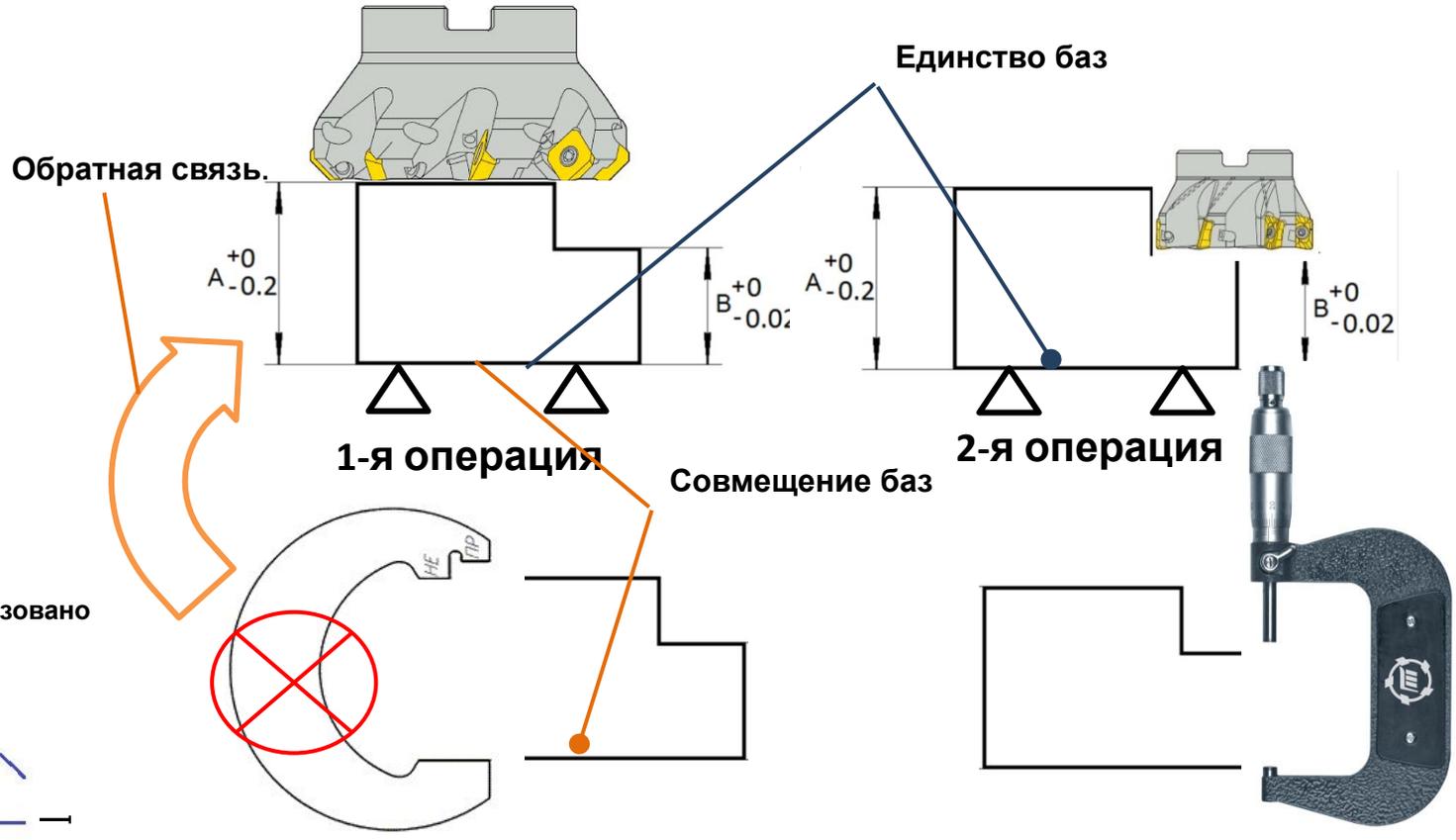
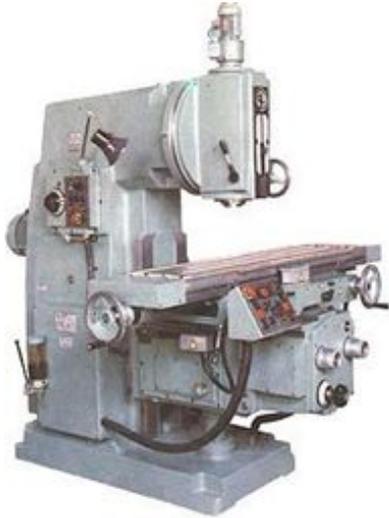
- параметры точности станка
- базирование
- выбор стратегии обработки и режимов резания

Срк – индекс подтвержденного качества (реализация техпроцесса):

- эксплуатация оборудования (техобслуживание, ремонт)
- стабильные параметры заготовки, инструмента...
- управление размерами детали

Цель участников производственного процесса – поддерживать «Срк» на уровне «Ср»

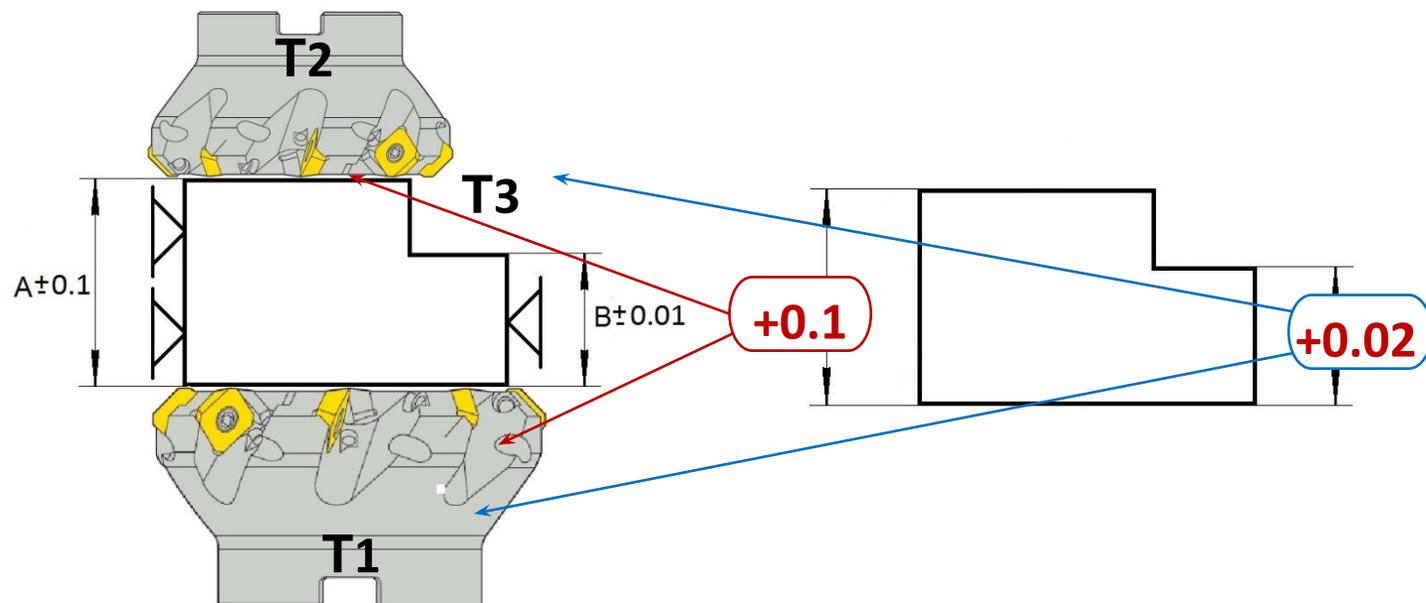
Пооперационная обработка



ТС работает!

- Обратная связь выполняется наладчиком
- Удовлетворительные результаты при небольшом количестве обрабатываемых поверхностей

Совмещение операций на станке типа ОЦ



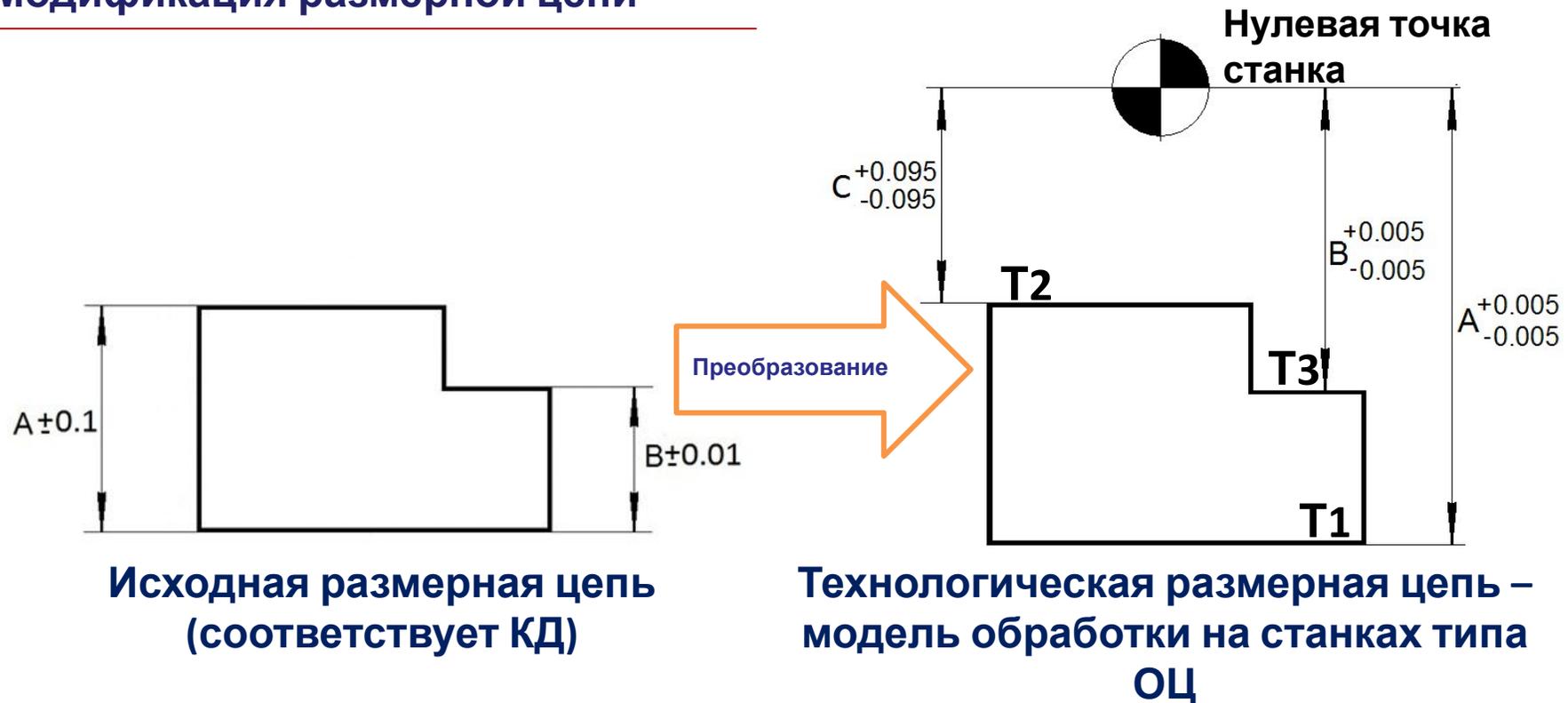
ТС не работает!?

- Оператор не в состоянии обслуживать сложные размерные цепи
- Как разделить 2 погрешности на 3 корректора? (1 корректор меняет 2 размера)
- Модель обработки (КД) не соответствует совмещению операций на станке
- ~~Погрешность базирования не влияет на размеры детали!~~
- Точность изделия определяется только оборудованием! (попасть в

Задачи для современной ТС:

- **Обеспечить соответствие уровней развития элементов ТС** (обновить состав ТС)
- **Уменьшить влияние элементов ТС на размеры** (правильная заготовка)
- **Снизить трудоёмкость переналадки** (унификация оснастки)
- **Обеспечить быстрый запуск нового изделия** (мало оснастки)
- **Обеспечить обработку партии из 1-й детали** (управление размерами)

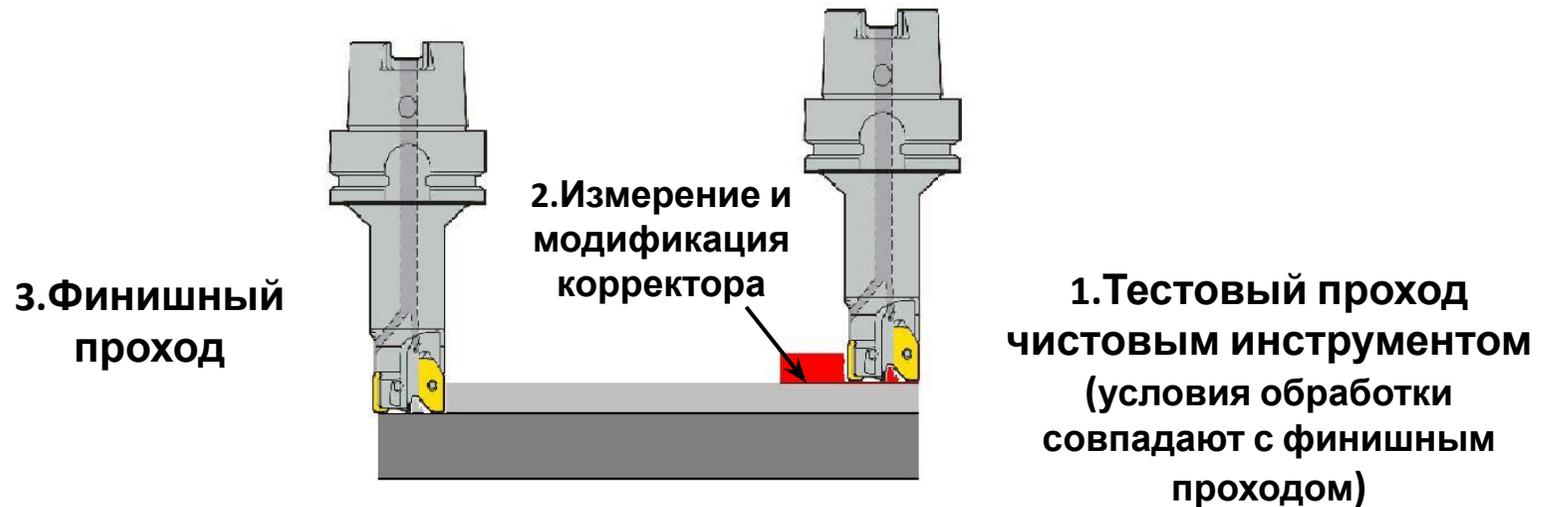
Модификация размерной цепи



Технологическая размерная цепь:

- Предназначена для автоматического управления размерами детали при обработке на станках типа ОЦ, каждой поверхности соответствует один корректор инструмента
- Нужны контактные датчики (Renishaw), отклонения невозможно измерить вне станка
- Соответствует управляющей программе

Обработка «двойного припуска»



- **Автоматическая технологическая обратная связь** (все размеры «притягиваются» к середине поля допуска)
- **Обеспечивается выпуск партии из одной деталей**

Обработка результатов измерений

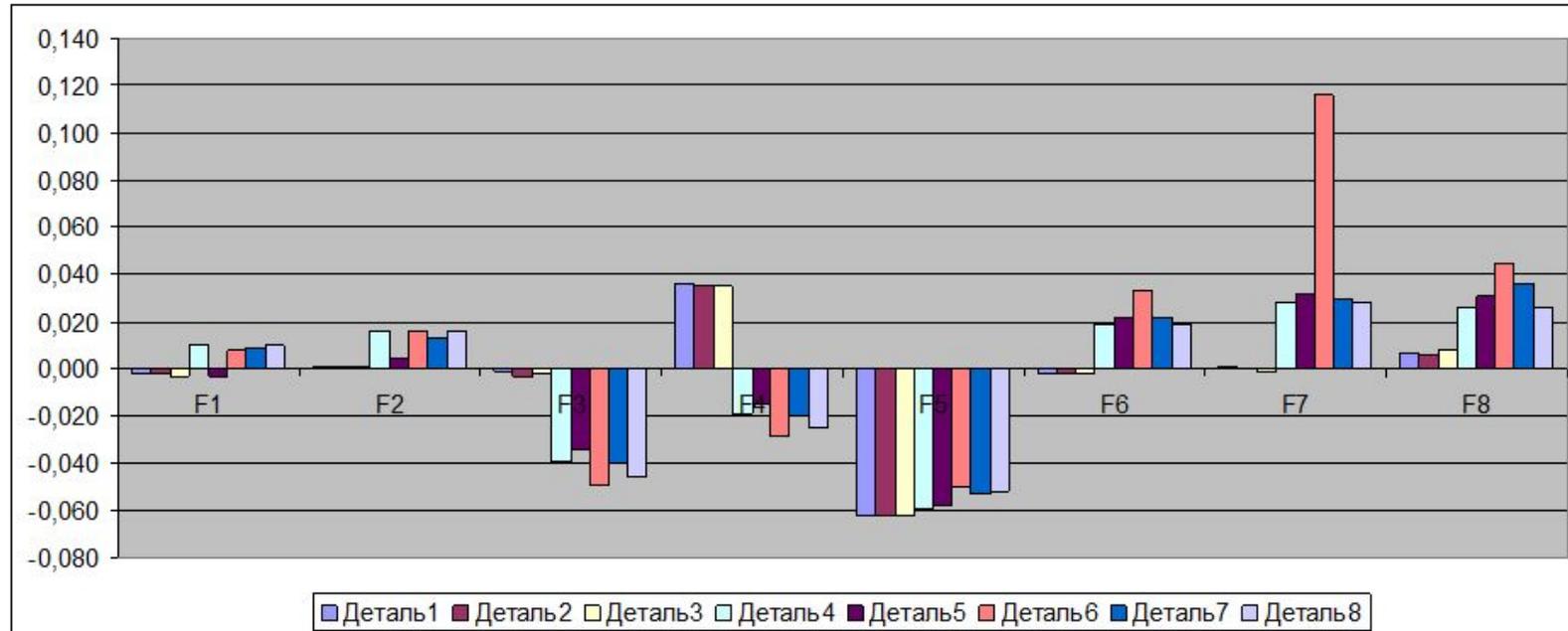
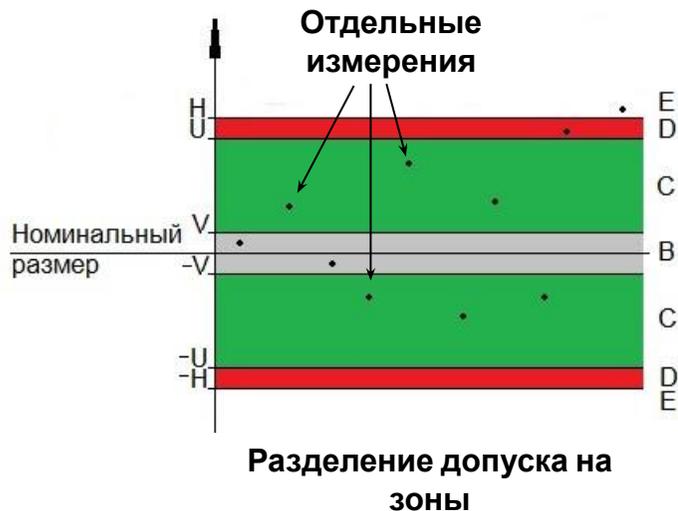


Диаграмма получена в «Excel» после импорта и обработки протокола измерений

Наглядное представление результатов измерений облегчает поиск ошибок (2 технологические ошибки)

Применение стандартных измерительных циклов

G65 P9811 Xx / Yy / Zz [Ee Ff Hh Mm Qq Ss Tt Uu Vv Ww] – цикл измерения одной поверхности



Параметры циклов измерений:

H – допуск на деталь (\pm)

U – верхняя граница допуска на модификацию корректора

V – нижняя граница допуска на модификацию корректора

T – номер корректора на инструмент

F – коэффициент обратной связи (от 0 до 1, обычно 0.5-0.7)

B = (V-V) – зона чувствительности датчика Renishaw.

Модификация корректоров не производится.

Определяется параметром "V".

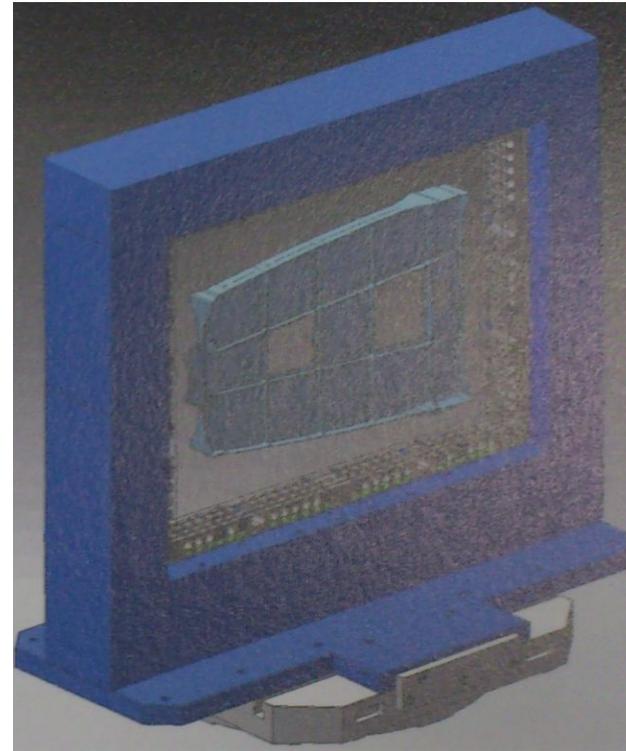
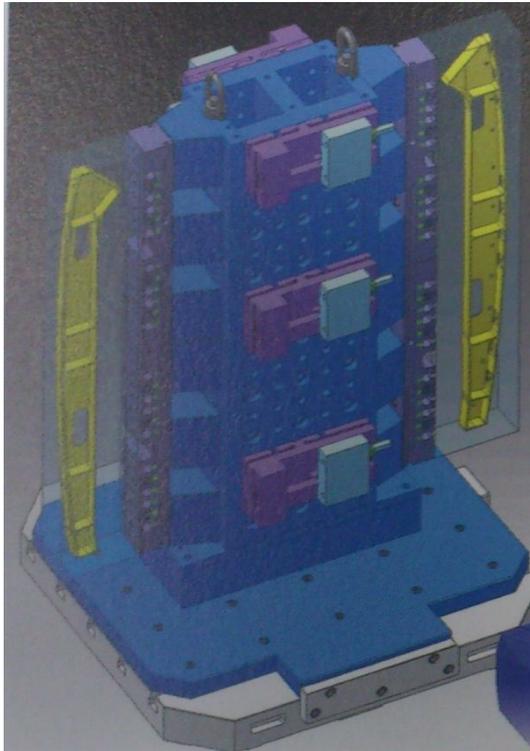
C = (U-V) – рабочая зона. Производится модификация корректоров по формуле $\text{Мод} = \text{Откл} * F$.

D = (H-U) – критическая зона. Верхнее отклонение за вычетом точности датчика Renishaw. Измерительный цикл выдаёт предупреждающее сообщение.

E = (>H) – выход за пределы допуска. Модификация корректора не происходит. Программа прерывается.

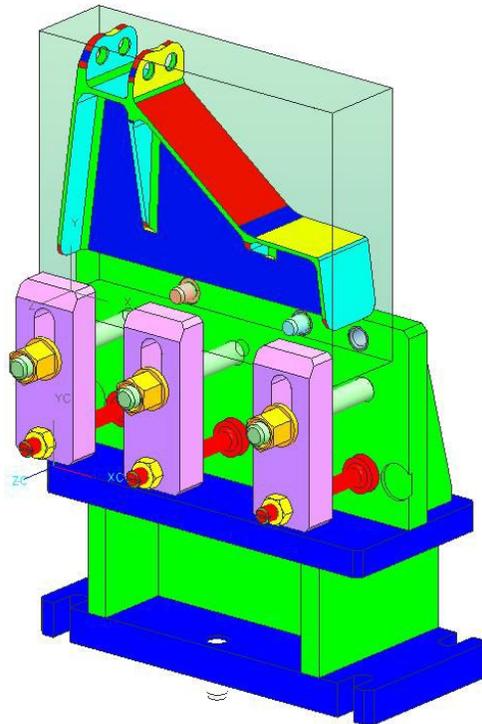
- Управление размерами (адаптивная обработка) давно реализована производителями станков
- Отставание наших ТП в части управления размерами деталей необходимо ликвидировать

«Правильная» заготовка



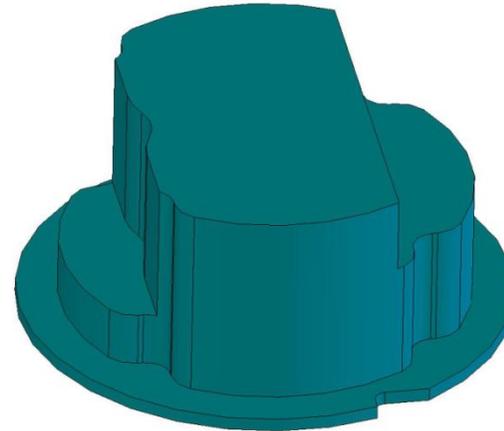
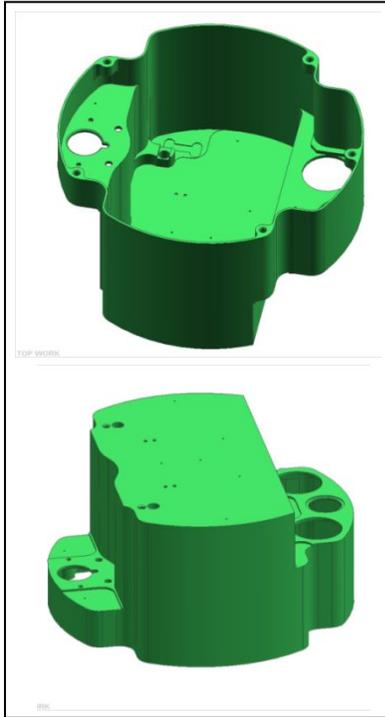
-
- **Закрепление детали не мешает обработке** (технологическая база)
 - **Унификация приспособлений. Форма детали не имеет значения**
 - **Не требуется подготовка заготовки** (черновые базы)
 - **Точность базирования заготовки низкая. Определяется припуском на деталь.**

«Правильная» заготовка с подготовкой баз

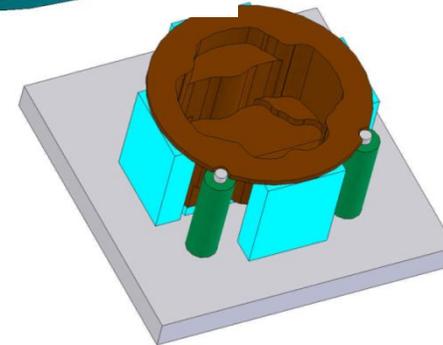
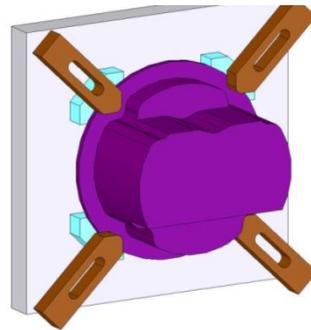


- Оправдано, когда требуется межоперационная обработка
- Закрепление детали не мешает обработке
- Унификация приспособлений. Форма детали не имеет значения
- **Требуется подготовка заготовки**

«Правильная» заготовка с дополнительным элементом



Заготовка с
«буртиком»



- К заготовке добавлен «технологический элемент» для жёсткости
- Применяется специальный метод отрезки заготовки от «технологического элемента»
- Усилие отрезки не передаётся на деталь. Перемычки небольшого размера, не требуется слесарная доработка

«Правильная» заготовка с дополнительным элементом



Перемычки:
общая площадь
сечения 2 кв.мм

Заготовка с
«ласт. хвостом»

- К заготовке добавлена «технологическая база»
- Применяется специальный метод отрезки заготовки от «технологического элемента»
- Усилие отрезки не передаётся на деталь. Перемычки небольшого размера, минимальная слесарная доработка

Свойства применяемой ТС:

- **Уровень точности изделий определяется оборудованием и оснасткой**
- **Высокая трудоёмкость переналадки** (слабая унификации приспособлений, много установов)
- **Длительное время запуска нового изделия** (много специальной оснастки)
- **Большая зависимость размеров (качества) изделий от оператора**

Свойства современной ТС:

- **Уровень точности изделий определяется оборудованием** (размеры за 1 установ)
- **Низкая трудоёмкость переналадки** (унификации приспособлений)
- **Быстрый запуск нового изделия** (правильная заготовка, мало приспособлений)
- **Размеры изделий не зависит от оператора** (управление размерами)

1. Предложить клиенту большую эффективность оборудования при поставках чем конкуренты:

- Высокая выработка на единицу оборудования - быстрая окупаемость
- Обучение технологов (дополнительно к обучению операторов и пр.)

2. Проекты повышения эффективности производства:

- Моделирование производства
- Анализ узких мест
- **Повышение эффективности оборудования.**

(синергетический эффект: затраты на 1 узкое место, прибыль от всего предприятия)

Задачи:

- Подготовка методических материалов (Финвал)
- Проведение «фотографии рабочего дня» (Клиент)
- Анализ материалов (Финвал)
- Разработка решений для повышения эффективности использования оборудования (Финвал)
 - ТЗ на совершенствование техпроцессов
 - ТЗ на разработку оснастки
 - ...
- Реализация решений (совместно)

Потребуется 1-2 человека на проект