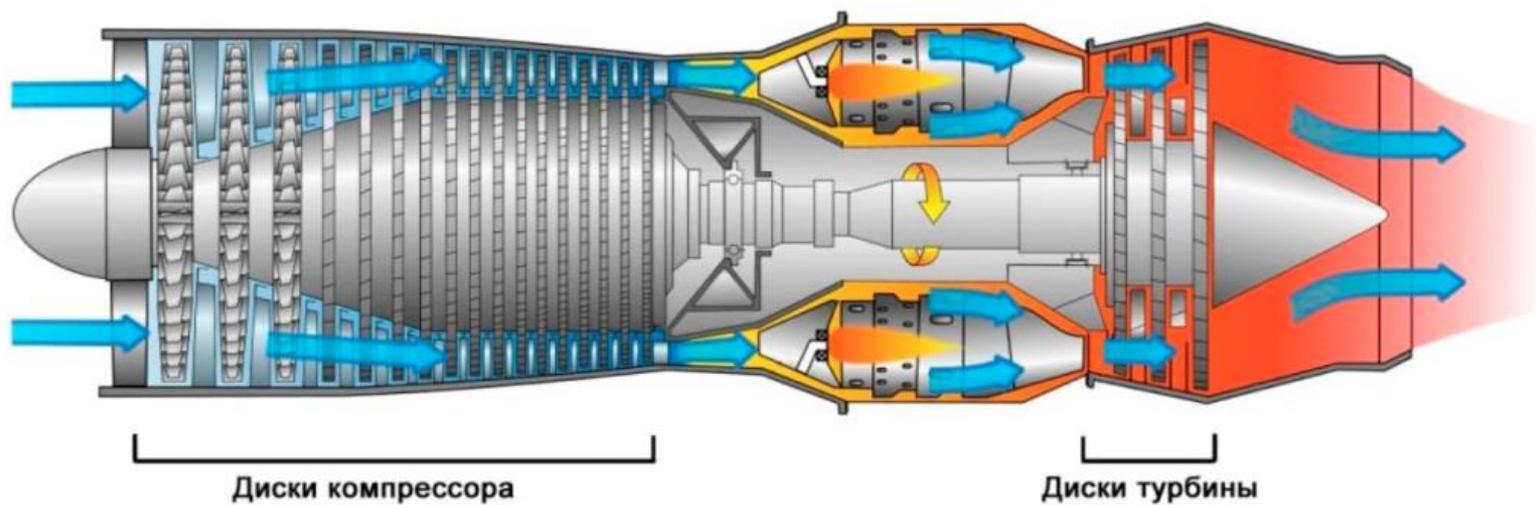
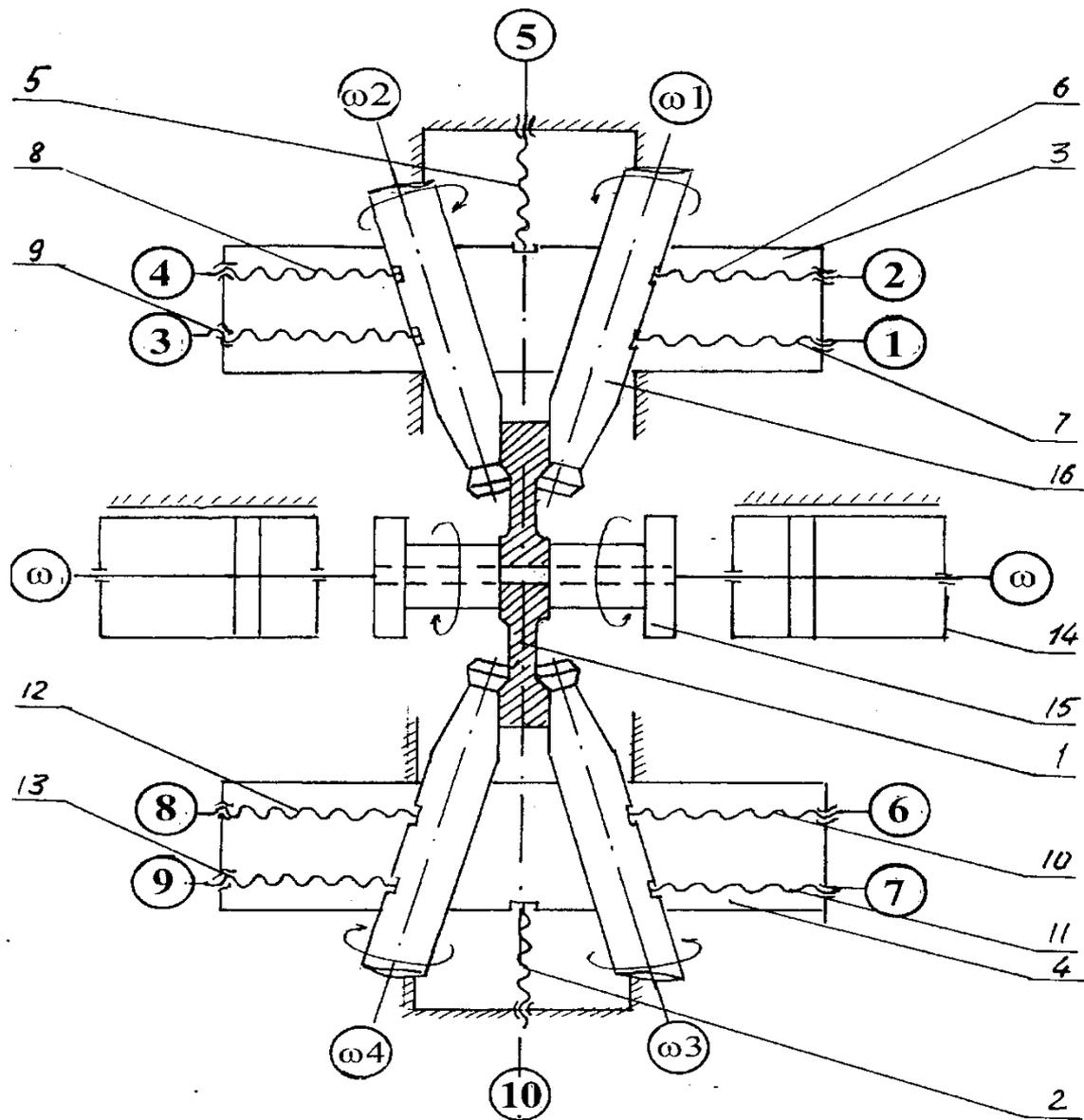


Газотурбинный двигатель



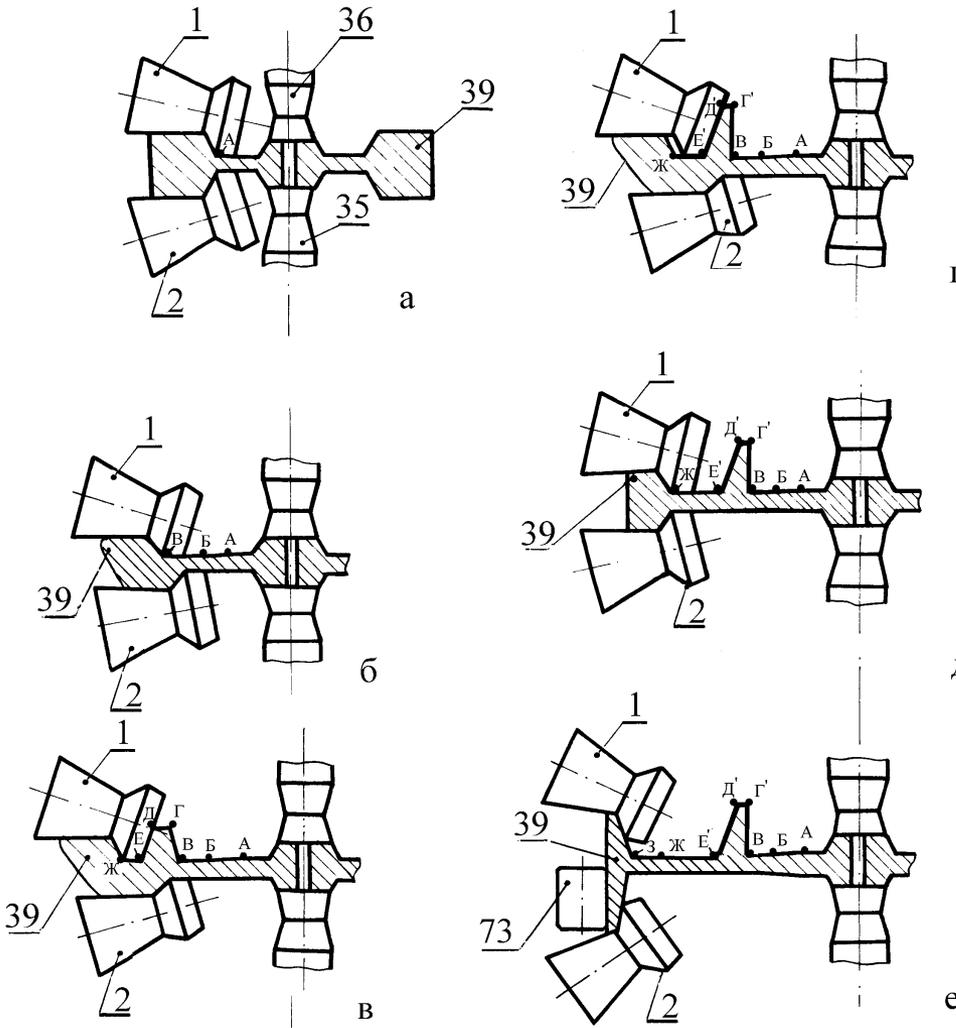


Кинематическая схема раскатного стана

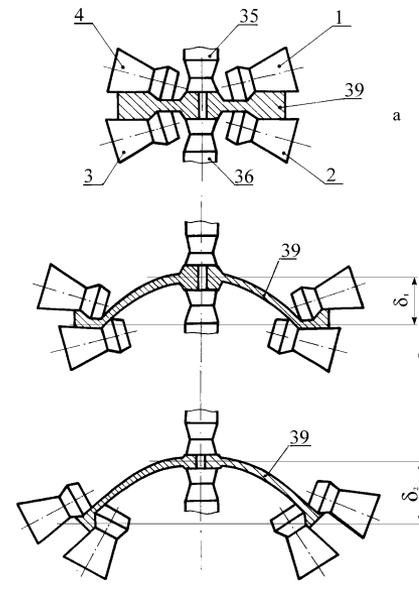
СХЕМЫ РАСКАТКИ ДЕТАЛЕЙ С РАЗЛИЧНЫМ ПРОФИЛЕМ

Сложнопрофильный диск ГТД

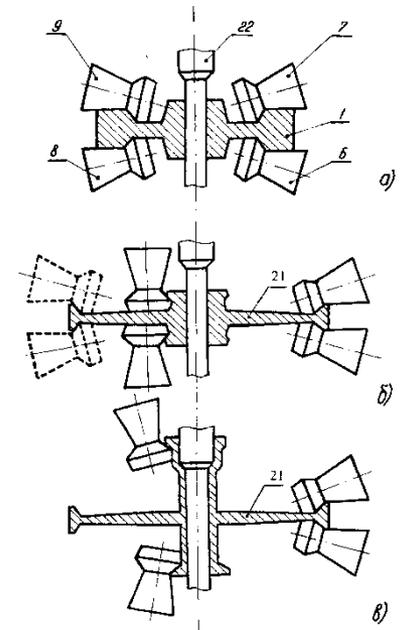
1,2 – раскатные ролики
 39- заготовка
 73 – нажимной ролик
 35,36 - пиноли



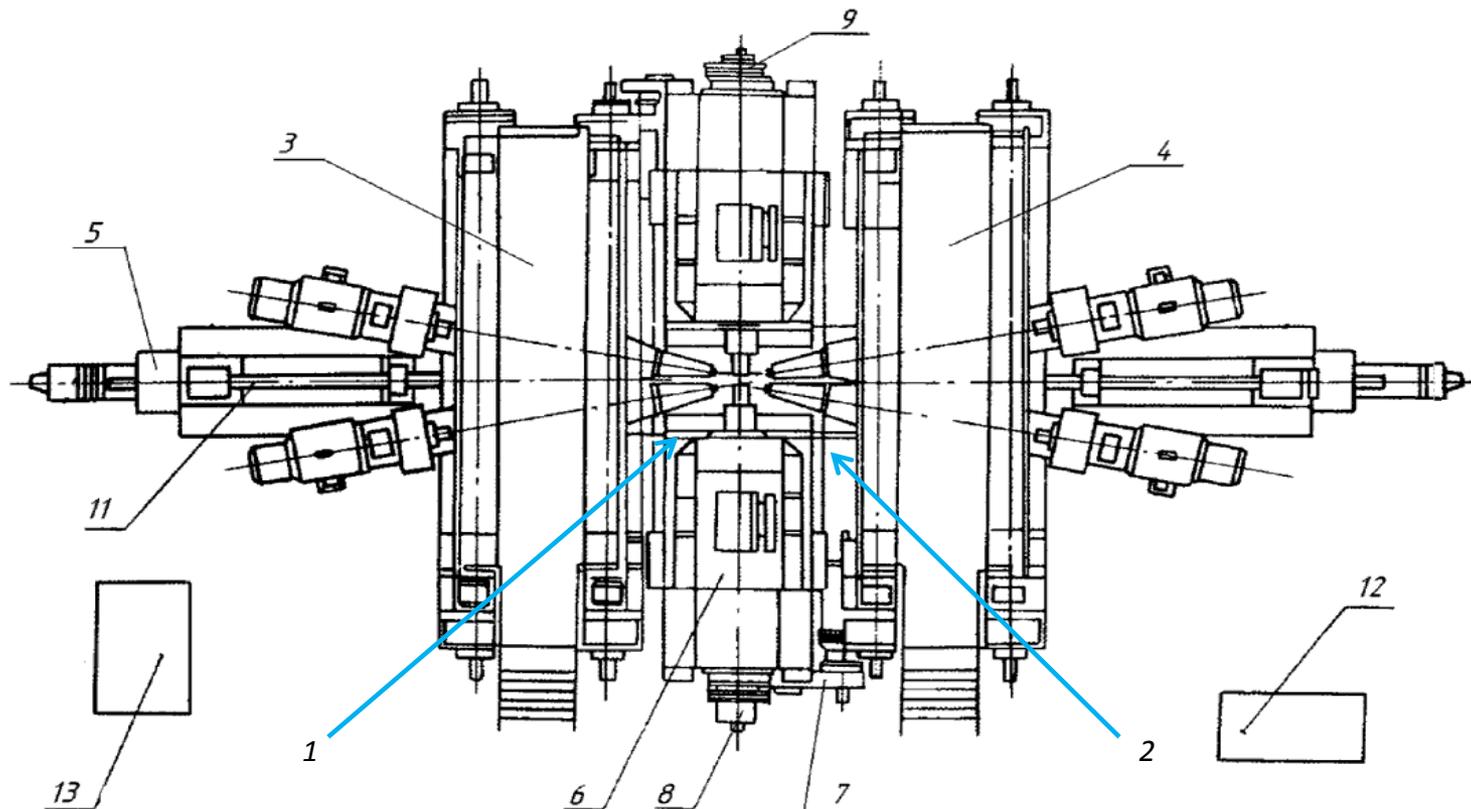
Полусфера



Диск с валом



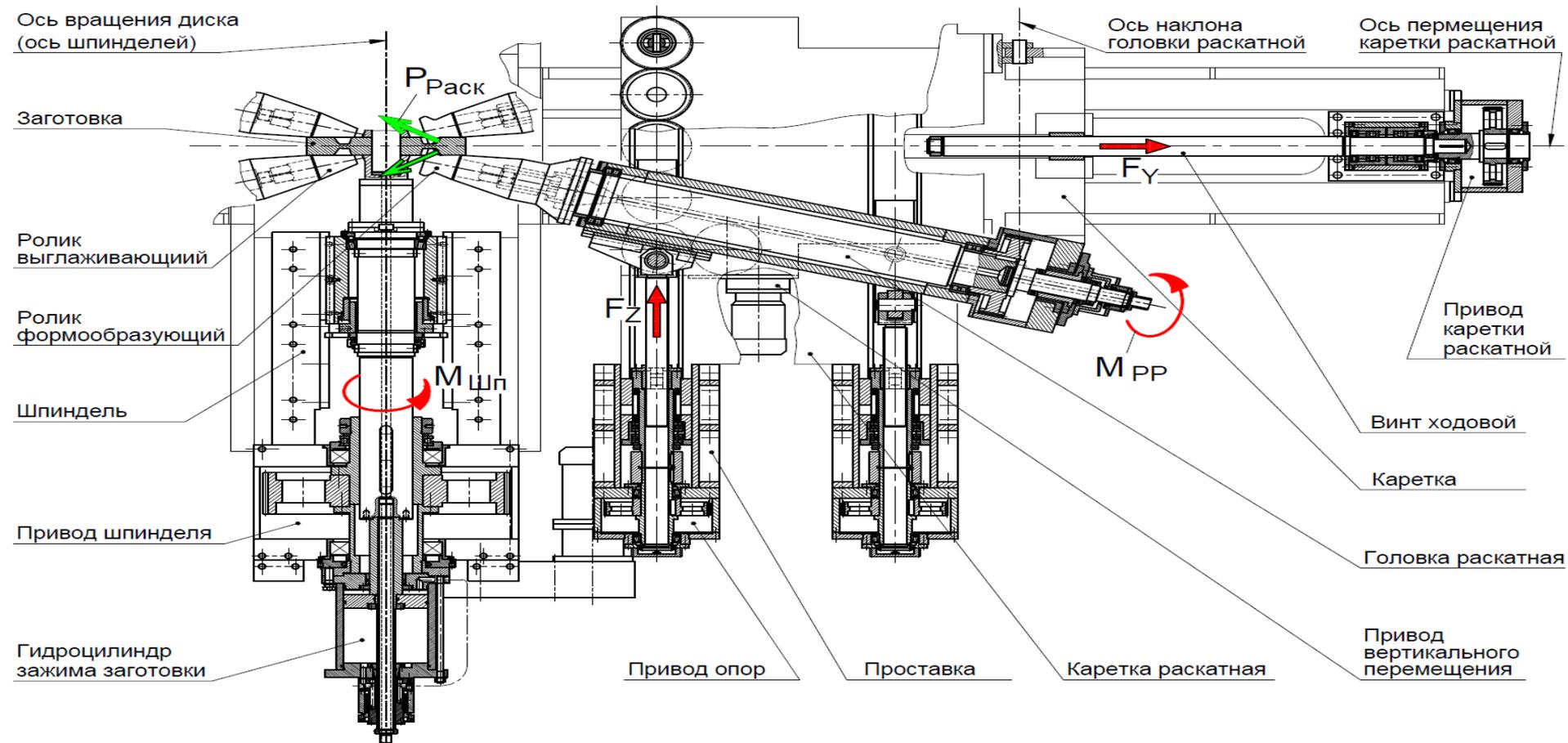
Общий вид стана для раскатки дисков (вид сверху)



- 1 – центральная секция станины; 2 – боковая секция станины;
3 – каретка раскатная левая; 4 – каретка раскатная правая;
5 – привод каретки; 6 – шпиндель; 7 – привод шпинделя;
8 – гидроцилиндр зажима заготовки передний;
9 – гидроцилиндр зажима заготовки задний; 10 – устройство загрузочное;
11 – винт ходовой; 12 – станция насосная; 13 – пульт управления.

Стан для раскатки жаропрочных дисков. СРЖД-800.

Основные силовые элементы стана.



Усилие раскатки $P_{\text{Риск}}$ обеспечивают основные силовые элементы стана:

Опора 1 раскатных роликов – F_z

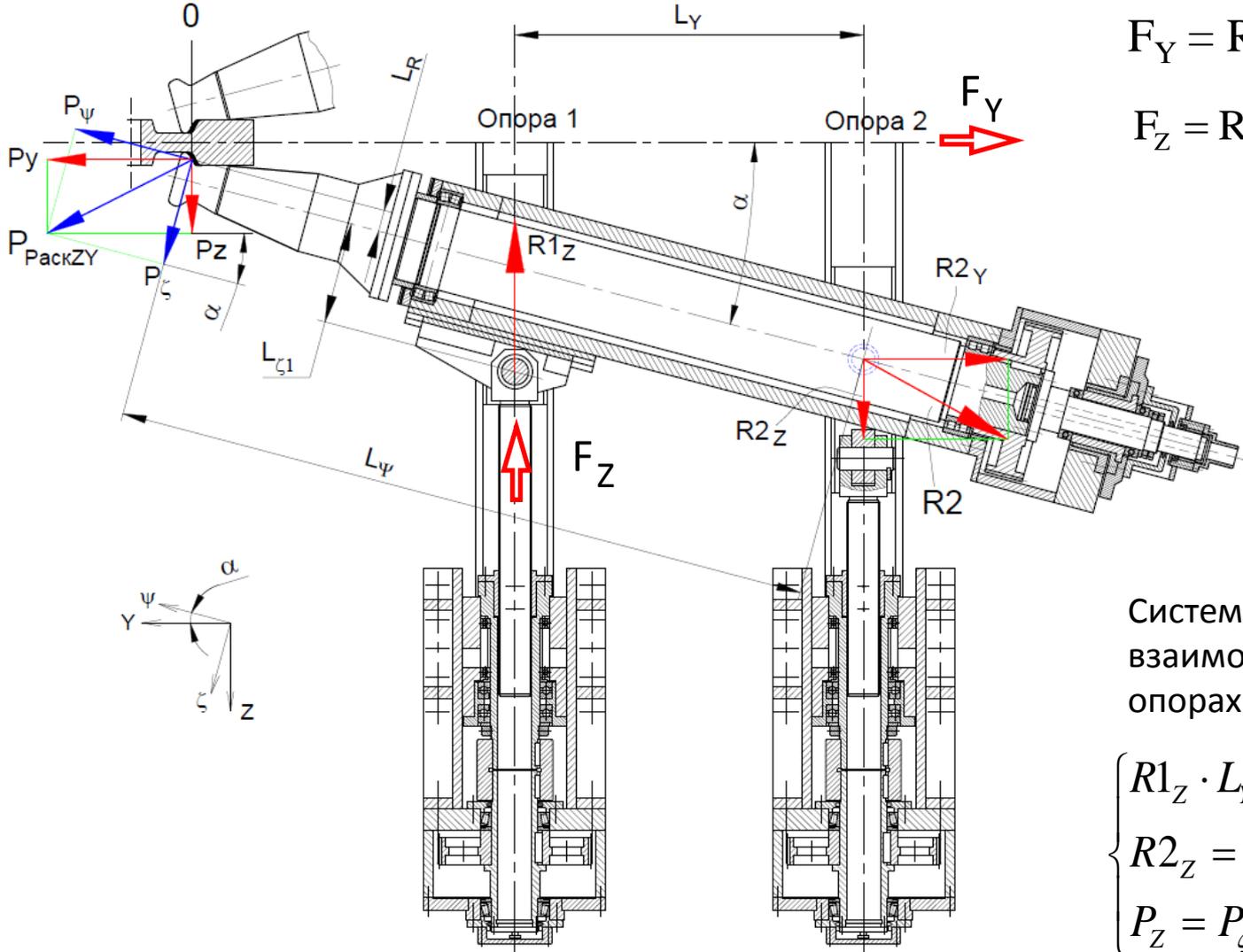
Винт ходовой привода перемещения каретки – F_y

Шпиндель – $M_{\text{ш}}$, Ролик раскатной – $M_{\text{рр}}$

Величины силовых воздействий зависят от усилий раскатки

Стан для раскатки жаропрочных дисков. СРЖД-800.

Схема взаимосвязи силы раскатки и реакций в опорах ролика раскатного.



Силы со стороны приводов:

$$F_Y = R_{2Y} = 2 \cdot P_Y$$

$$F_Z = R_{1Z} = \frac{P_\zeta \cdot L_\psi + P_\psi \cdot L_R}{L_Y}$$

Силы на инструменте.

$$P_\zeta = \frac{P_Y \cdot \sin \alpha + P_Z}{\sin^2 \alpha + \cos \alpha}$$

$$P_\psi = \frac{P_Z - P_Y \cdot \cos \alpha}{\cos^2 \alpha + \sin \alpha}$$

Система уравнений взаимосвязи реакций в опорах и основных сил

$$\begin{cases} R_{1Z} \cdot L_Y = P_\zeta \cdot L_\psi + P_\psi \cdot L_R \\ R_{2Z} = R_{1Z} - P_Z \\ P_Z = P_\zeta \cdot \sin(\alpha) - P_\psi \cdot \cos(\alpha) \end{cases}$$

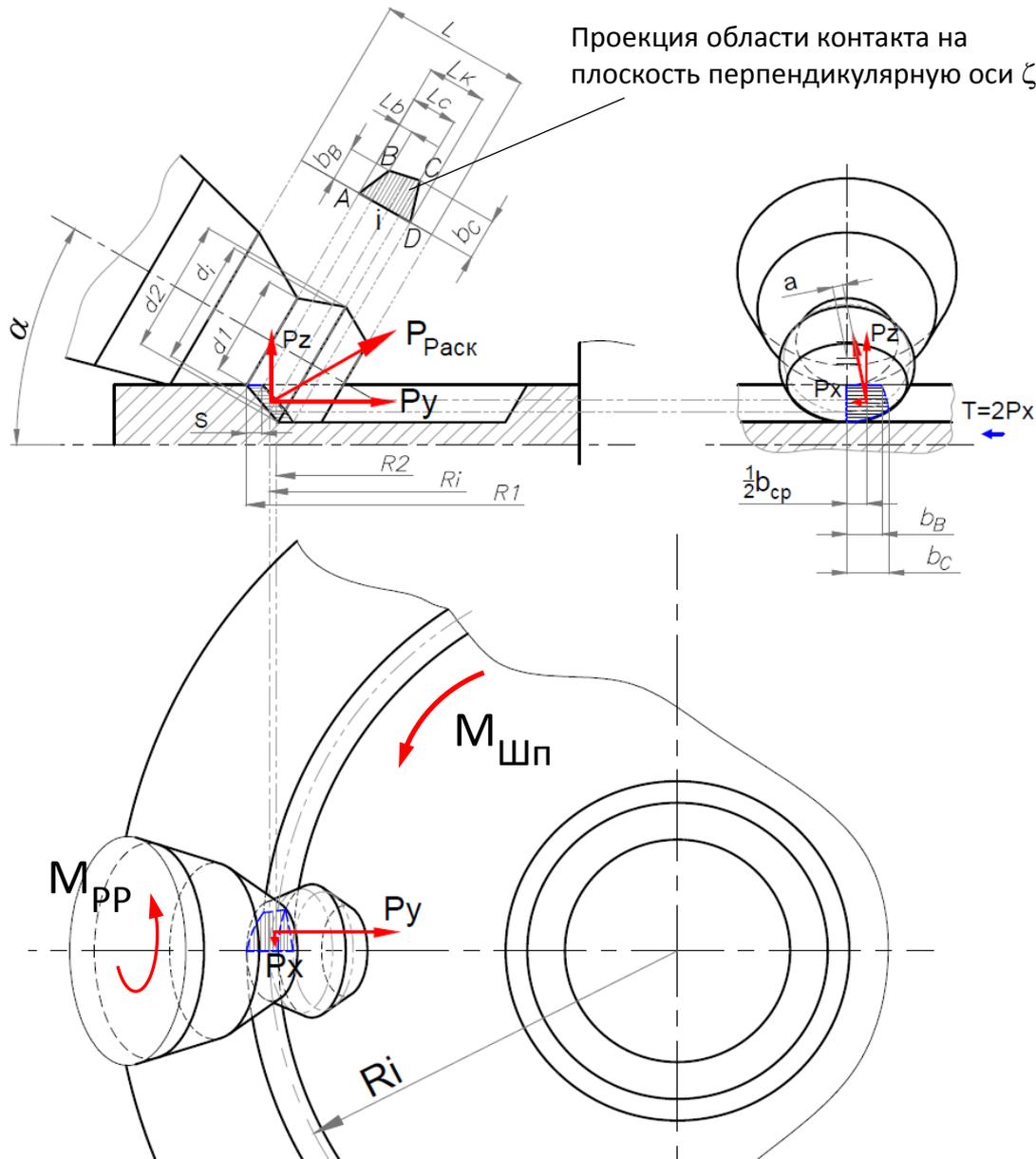
Система уравнений представляет собой уточненную математическую зависимость основных силовых параметров механизма с учетом разворота ролика раскатного на угол α , размера инструмента, подвижности опор скольжения.

Система уравнений соотношения основных силовых воздействий приводов, реакций в опорах механизма и сил на инструменте позволяет следующее:

- для проектного расчета: по требуемым технологическим силам определить необходимые уточненные усилия в приводах механизма, а также силовые реакции в опорах скольжения, шарнирах. Силовые реакции служат, в свою очередь, исходными данными для расчета подшипниковых опор шпинделей;
- определить силы раскатки по данным, которые регистрируют датчики силовых воздействий на основных приводах. Определенные таким образом силы раскатки являются основной информацией для системы управления перемещениями инструмента.

Стан для раскатки жаропрочных дисков. СРЖД-800.

Силовые параметры раскатки.



Окружная сила раскатки
 $P_x = f(M_{\text{шп}}, R_i) = \frac{1}{2} T$

$$T = \frac{2 \cdot M_{PP}}{d_i} - \frac{M_{\text{шп}}}{R_i}$$

Также, момент раскатного ролика

$$M_{PP} = \sqrt{P_x^2 + P_\zeta^2} \cdot a$$

где

$$0 < a < \frac{1}{2} b_{\text{ср}}$$

$$a = 0, \text{ при } M_{\text{шп}} = 0$$

$$a = \frac{1}{2} b_{\text{ср}} \text{ при } M_{\text{шп}} = 0$$

Усилие раскатки (экспериментальное)

$$P_{\text{раск}} = \sqrt{P_x^2 + P_z^2 + P_y^2} = \sqrt{P_x^2 + P_\zeta^2 + P_\psi^2}$$

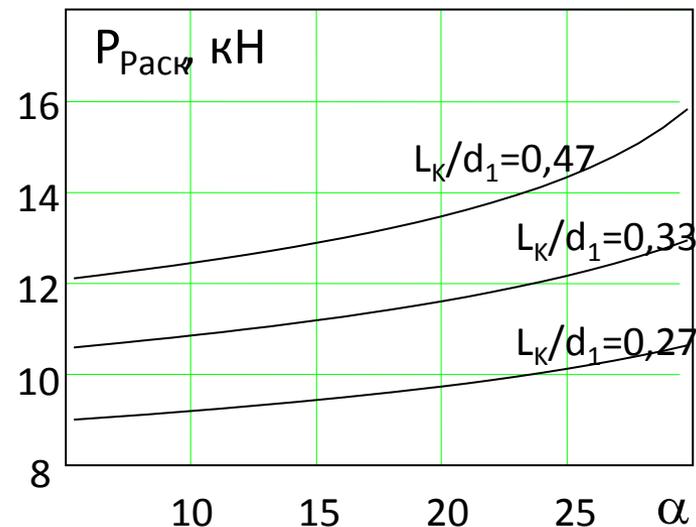
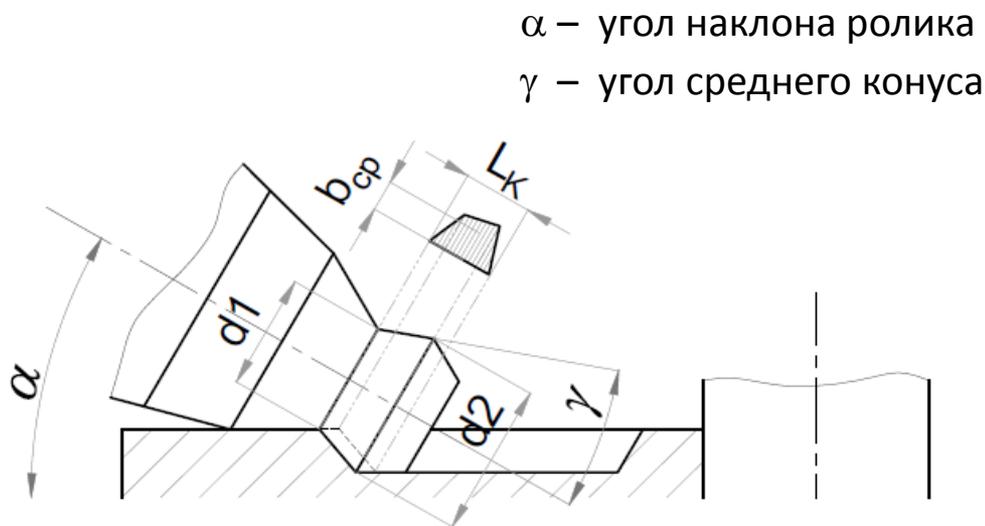
Также уточняется зависимость усилия раскатки от соотношения моментов на шпинделях пинолей зажима диска и ролика раскатного.

Схема представлена для общего случая, с допущениями:

- пренебрегается влияние упругих деформаций овализации инструмента, упругого отклонения инструмента (угол α const).
- не рассматривается влияние трения и направление скольжения металла относительно инструмента.

Стан для раскатки жаропрочных дисков. СРЖД-800.

Влияние геометрии инструмента на силовые параметры раскатки.



Усилие раскатки (теоретическое)

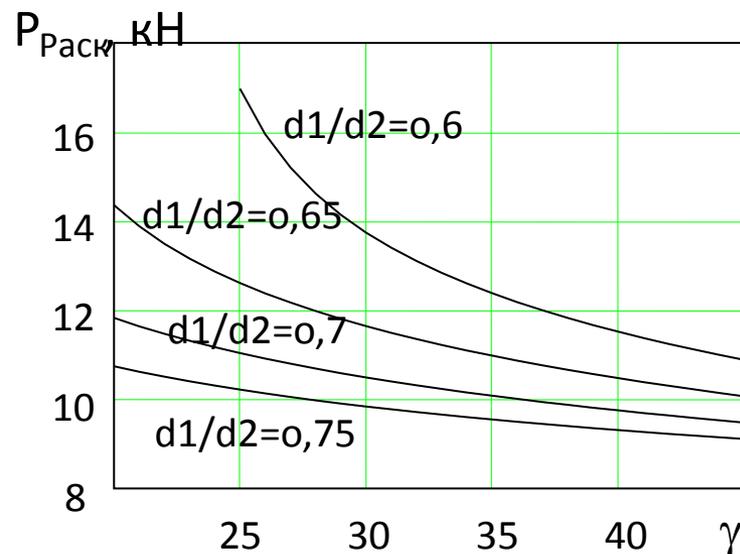
$$P_{раск} = p_{ср} \cdot A_K$$

$p_{ср} = \sigma_T \cdot n$, где σ_T – напряжение течения металла,
 n – коэффициент, учитывающий напряжённое состояние металла

Где $p_{ср}$ – среднее давление металла

A_K – площадь контакта

$$A_K = \frac{b_{ср} \cdot L_K}{\cos(\gamma)}$$



Геометрия ролика оказывает влияние на величину области контакта заготовки и инструмента, от которой зависит усилие раскатки.

Рассматривается случай установившегося процесса деформации от центра заготовки к периферии.

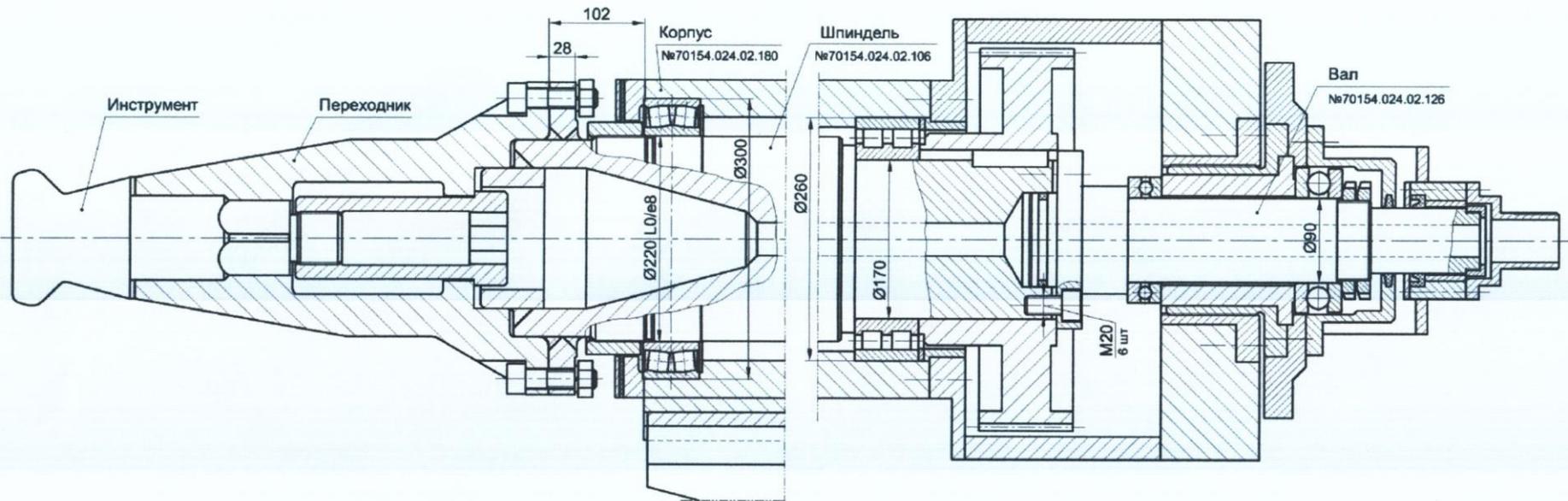
Длина и ширина контакта определяются геометрически без учета упругого сплющивания ролика и наплыва металла.

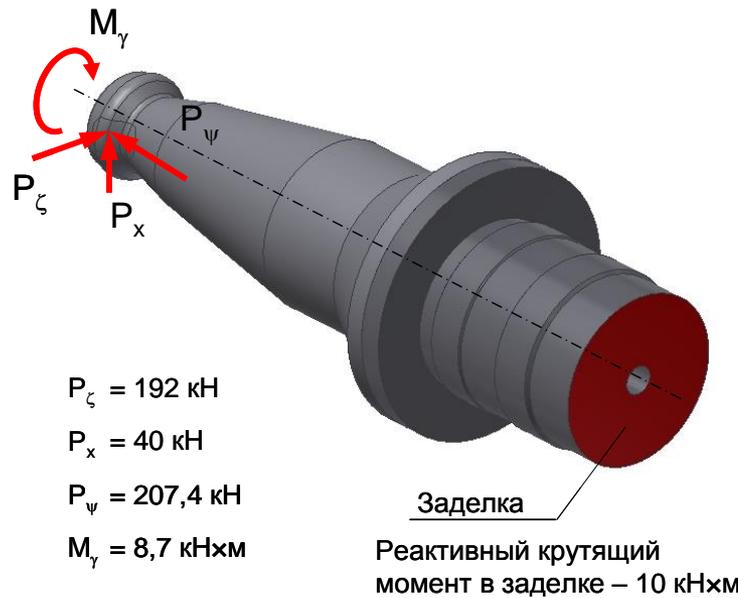
Шпиндель раскатной головки

B

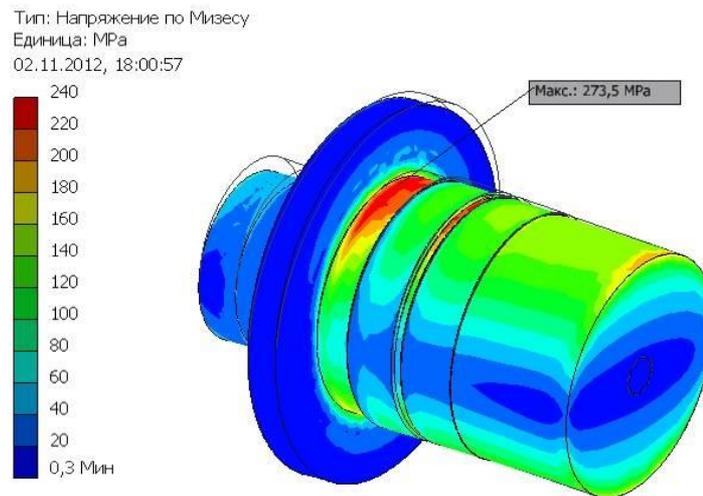
C

D

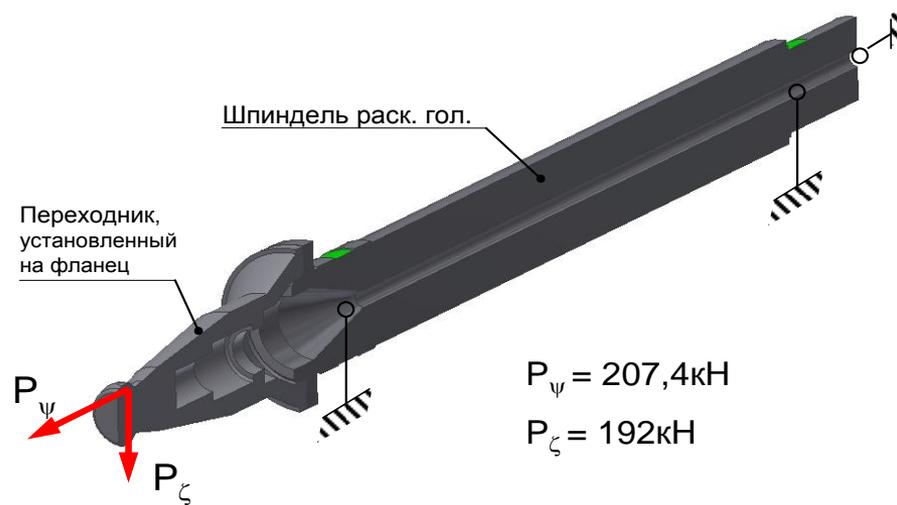




Модель для расчёта фланцевого участка шпинделя

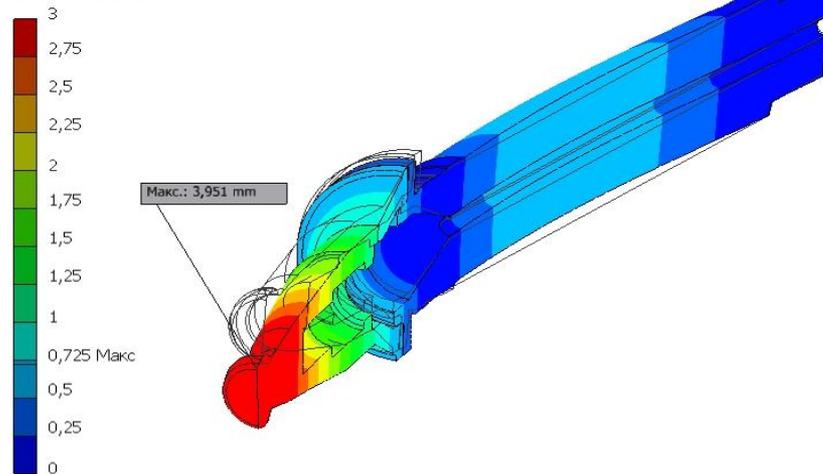


Эквивалентные напряжения на фланцевом участке



Прогиб инструмента при действии максимальной нагрузки

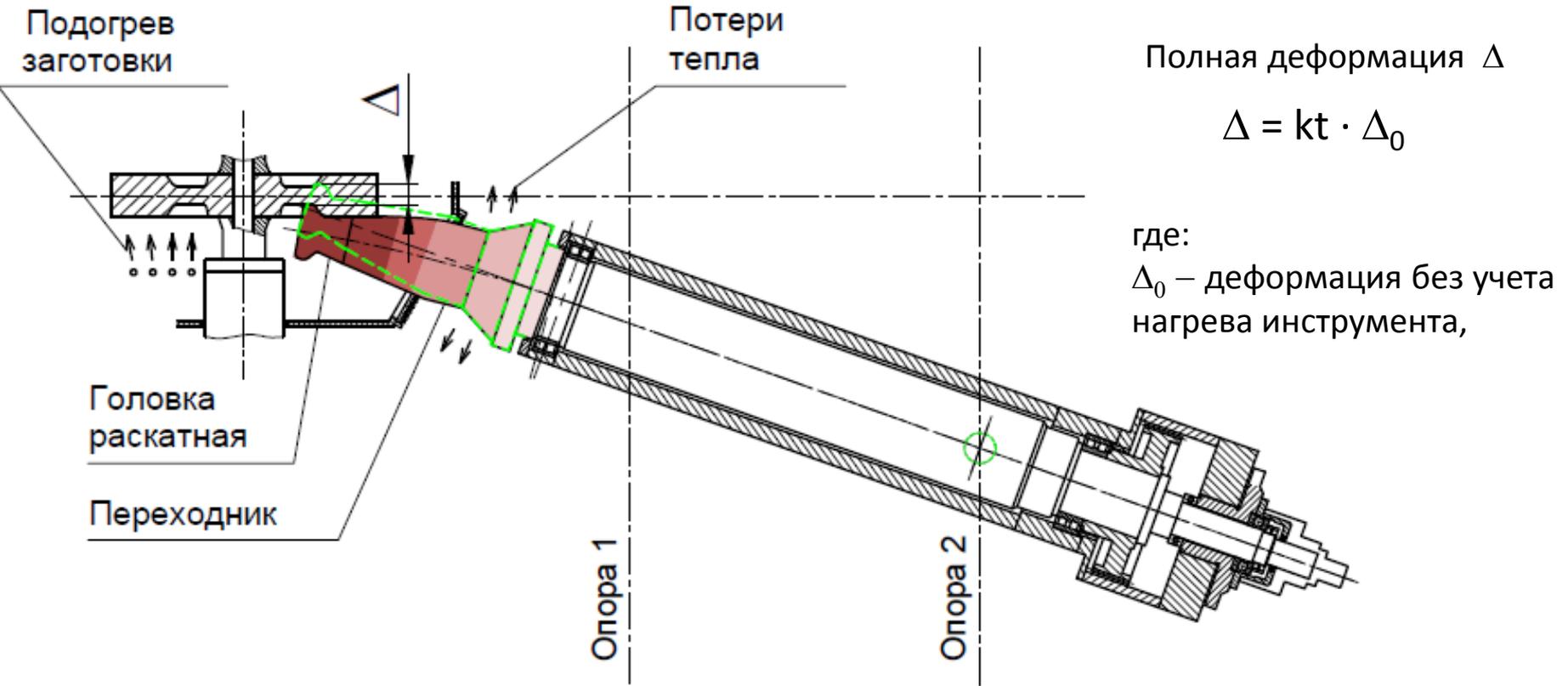
Тип: Смещение по оси Z
Единица: mm
25.10.2012, 16:14:47



Модель для определения прогиба инструмента под нагрузкой

Стан для раскатки жаропрочных дисков. СРЖД-800.

Влияние нагрева на величину упругой деформации инструмента.



Температура инструмента °C

900 750 600 450 300 150



Kt - коэффициент влияния температуры

°C	800	950	900	1000
Kt	1,15	1,2	1,25	1,3

Распределение температур в конструкции раскатной ГОЛОВКИ

NODAL SOLUTION

STEP=1

SUB =1

TIME=1

TEMP (AVG)

PSYS=0

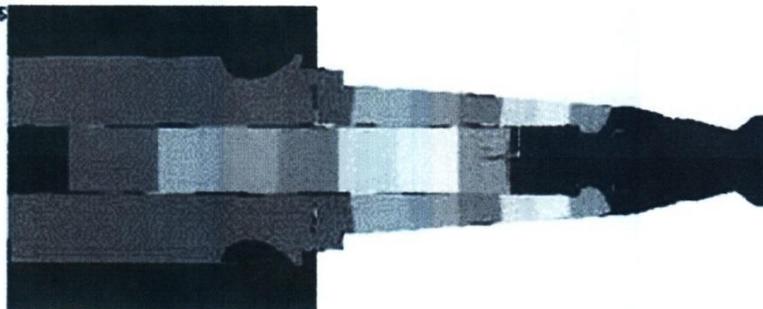
SMN =20

SMX =950

ANSYS

OCT 15 2009

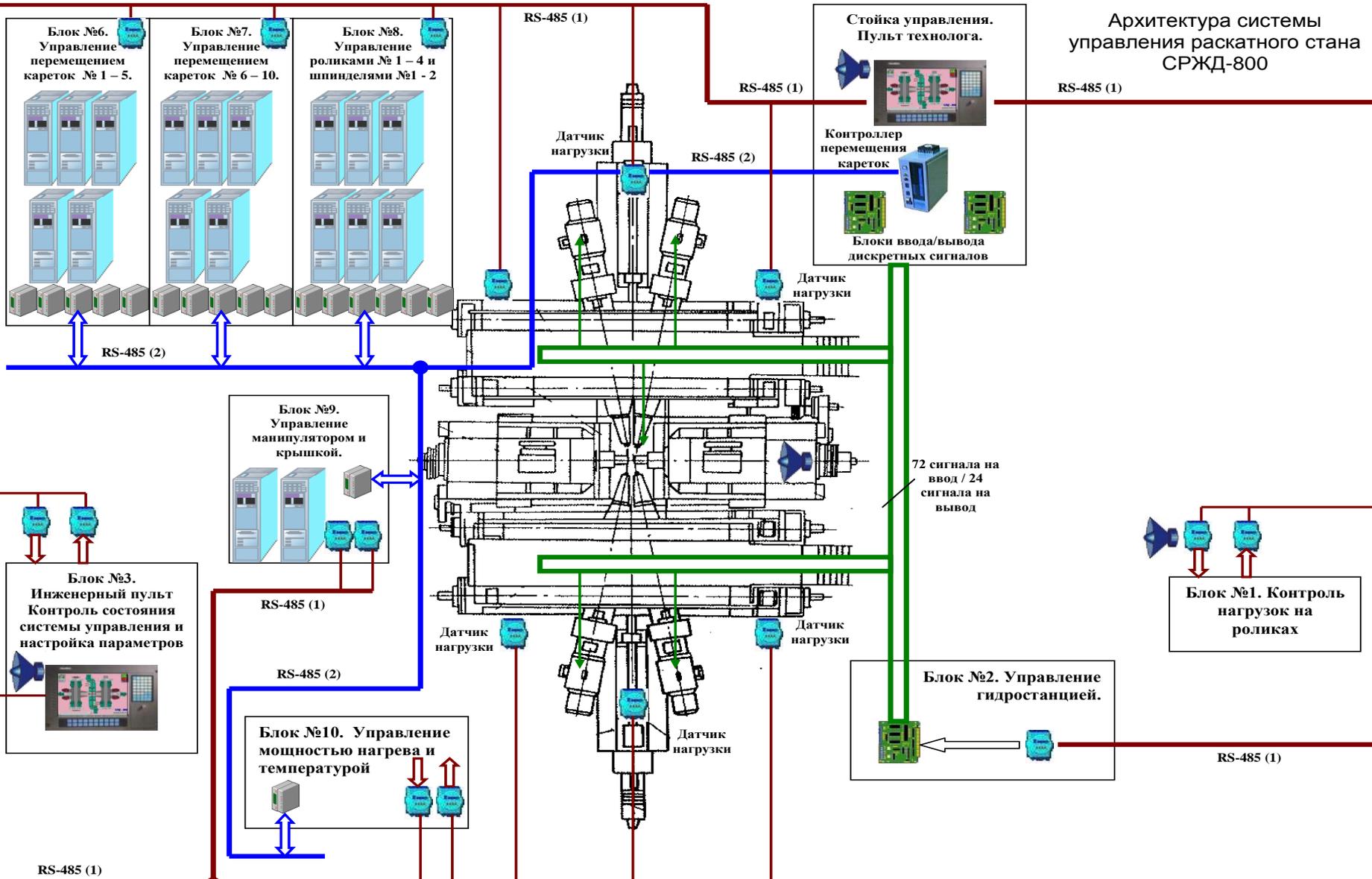
12:17:25



Система управления СРЖД-800

Блок-схема

Архитектура системы управления раскатного стана СРЖД-800



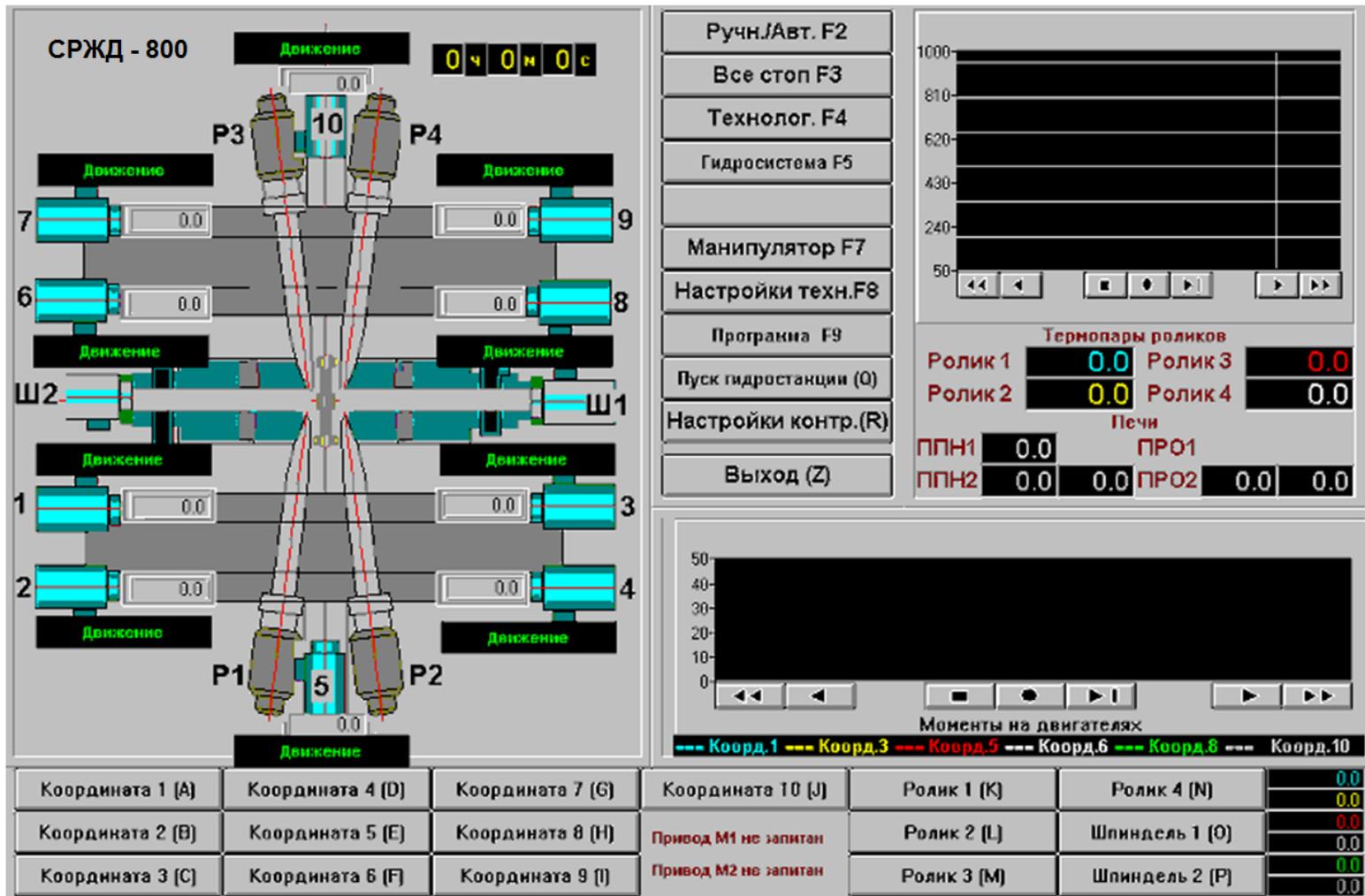
АСУ выполнена в виде многоуровневой распределённой системы управления.

На верхнем уровне расположены контроллеры, управляющие ходом технологического процесса в целом и обеспечивающие человеко-машинный интерфейс.

На среднем уровне расположены контроллеры, в реальном времени выполняющие вычисления параметров скорости роликов и шпинделей пинолей, а также синхронизацию их работы, корректировку скоростей перемещения раскатных головок в зависимости от изменения нагрузок на роликах. Контроллеры среднего уровня обеспечивают постоянный инженерный контроль допустимости параметров оборудования и идентификацию аварийных ситуаций.

На нижнем уровне расположены PLC – контроллеры, в векторном режиме управляющие скоростями вращения электродвигателей шпинделей пинолей и роликов, а также контроллеры, управляющие перемещением кареток с раскатными головками, дополнительно укомплектованные энкодерами и счётчиками.

Программная реализация обмена данных производится посредством протокола обмена данных Modbus RTU.



Главный дисплей технолога отображает ход технологического процесса (координаты перемещения кареток, роликов, температура печи, нагрузка на инструмент – ролики и т.п.)

Внимание! между повторным пуском не менее 5 сек

Скорость (мм/с)		Координата (мм)		Врез.в ос.напр. (мм)		Нагрузка	
Автомат	Ручной	Абсол.	Относит.	Абсол.	Относит.	Абсол.	Относит.
0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0

Скорость (мм/с)		Координата (мм)		Врез.в рад.напрвл.(мм)		Скорость (мм/с)	
Автомат	Ручной	Абсол.	Относит.	напрвл.(мм)	напрвл.(мм)	Относит.	Абсол.
0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00

Угол			Скорость (об/мин)			Нагрузка		
Угол	Скорость	Нагрузка	Угол	Скорость	Нагрузка	Угол	Скорость	Нагрузка
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Скорость (мм/с)		Координата (мм)		Врез.в рад.напрвл.(мм)		Скорость (мм/с)	
Автомат	Ручной	Абсол.	Относит.	напрвл.(мм)	напрвл.(мм)	Относит.	Абсол.
0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00

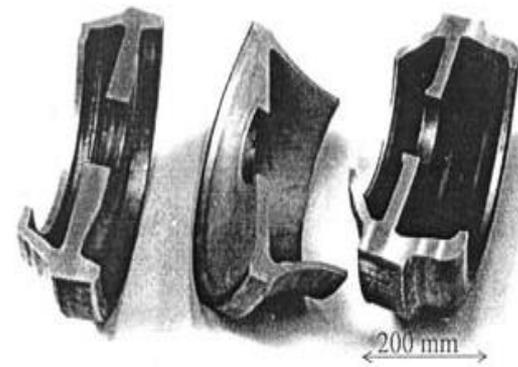
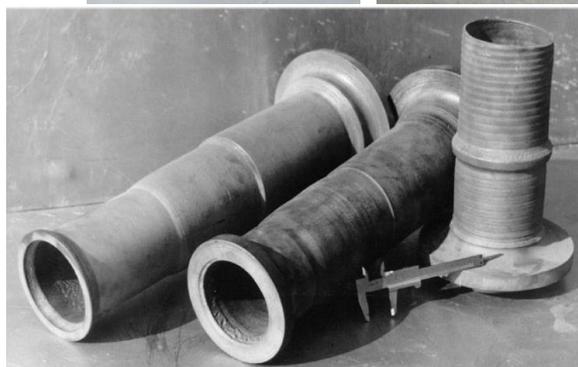
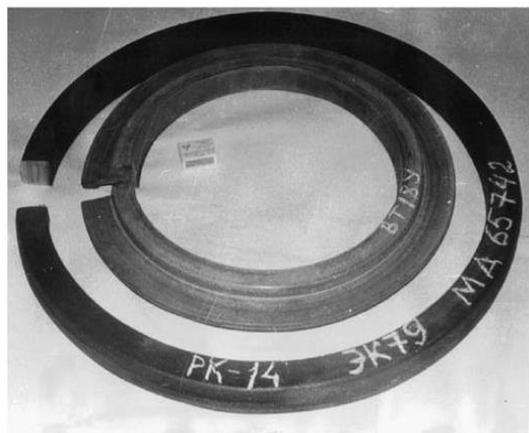
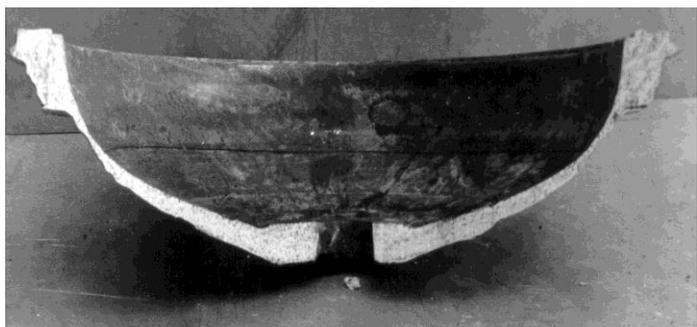
Скорость (мм/с)		Координата (мм)		Врез.в ос.напр. (мм)		Нагрузка	
Автомат	Ручной	Абсол.	Относит.	Абсол.	Относит.	Абсол.	Относит.
0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0

Манипулятор F2	Установка координат F4	Настройка F7	Графики F8	Главное меню. F9.
Координаты СТОП	Все пуск	Выставить в 0	Данные из файла	Касание 0

Координата 1 (A)
Координата 2 (B)
Координата 3 (C)
Координата 4 (D)
Координата 5 (E)
Координата 6 (F)
Координата 7 (G)
Координата 8 (H)
Координата 9 (I)
Координата 10 (J)
Ролик 1 (K)
Ролик 2 (L)
Ролик 3 (M)
Ролик 4 (N)
Шпиндель 1 (O)
Шпиндель 2 (P)

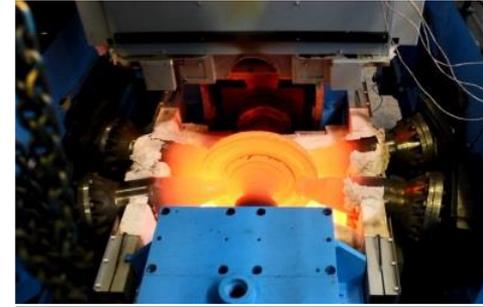
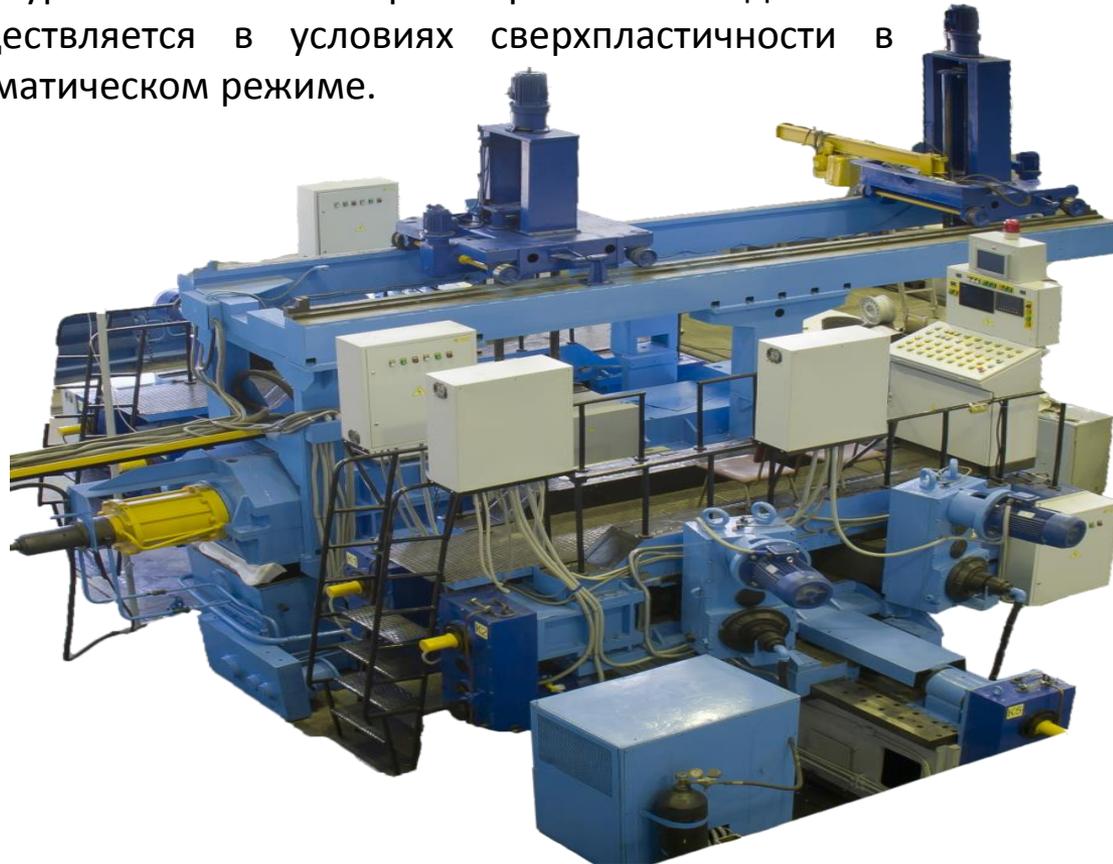
Дисплей оператора-технолога отображает информацию, необходимую при раскатке: координаты, угол наклона инструмента – ролика, скорость исполнительных органов, возможность управления исполнительными органами

Примеры раскатанных деталей



СРЖД-800

Стан для раскатки жаропрочных дисков из сплавов на основе титана и никеля (СРЖД-800) предназначен для изготовления осесимметричных деталей типа колец, дисков, методом горячей изотермической раскатки из заготовок с ультрамелкозернистой структурой сплава. Формообразование деталей осуществляется в условиях сверхпластичности в автоматическом режиме.



Общий вид стана СРЖД-800



Общий вид стана СРЖД-800



Опытный образец СРЖД-800 разработан и изготовлен в рамках подпрограммы «Развитие отечественного станкостроения и инструментальной промышленности на 2011-2016 годы» Федеральной целевой программы «Национальная технологическая база».

Разработчики:



Объединенная промышленная корпорация «ОБОРОНПРОМ»
Общество с ограниченной ответственностью «Савеловский машиностроительный завод»
(ОПК «ОБОРОНПРОМ» ООО «СМЗ»)

Адрес: 171505, Тверская обл., г. Кимры, ул. 50 лет ВЛКСМ, дом 11Д
тел.: (48236) 4-41-39 факс: (48236) 4-37-28 www.smz-stanki.ru



Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук (ИМАШ РАН)
Адрес: 101990, Москва, Малый Харитоньевский пер., д.4
тел.: (495) 624-98-00 факс: (495) 624-98-63 www.imash.ru



Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт проблем сверхпластичности металлов Российской академии наук (ИПСМ РАН)
Адрес: 450001, Россия, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Степана Халтурина, 39
тел.: 8 (347) 223-64-07 Факс: 8 (347) 282-37-59 www.imspr.ru



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»» (ФГБОУ ВПО МГТУ «СТАНКИН»)
Адрес: 127994, г. Москва, Вадковский пер., д.1
тел.: (499) 973-30-66, (499) 972-94-00 факс: (499) 973-38-85 www.stankin.ru

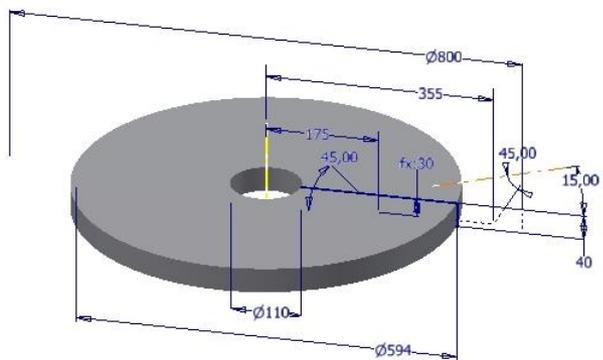
Изготовитель:

Объединенная промышленная корпорация «ОБОРОНПРОМ»
Общество с ограниченной ответственностью «Савеловский машиностроительный завод»

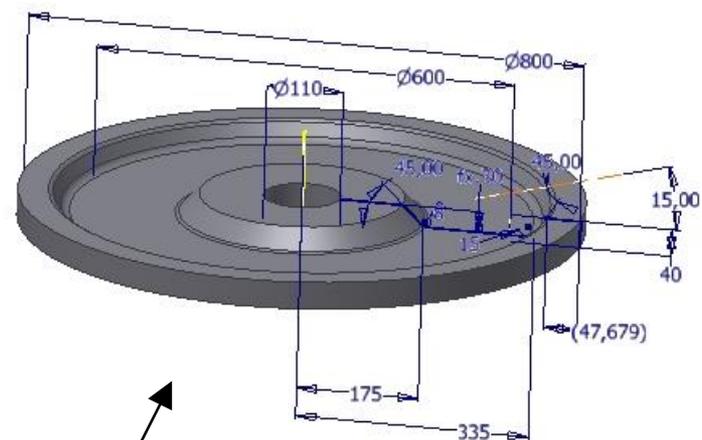
Автоматическая линия АЛРД 800 - современный «гончарный круг» для изготовления осесимметричных деталей из жаропрочных сплавов



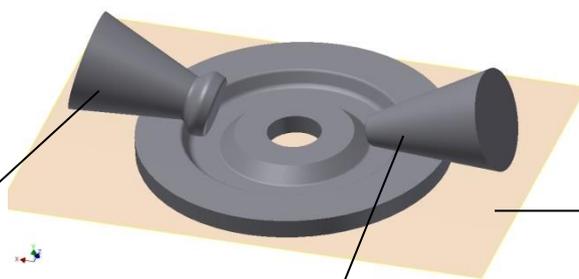
Заготовка



Диск



Раскатка

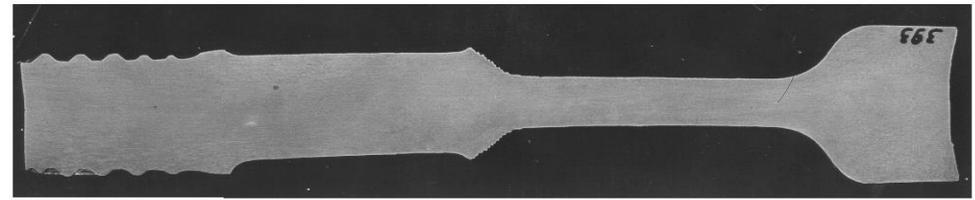
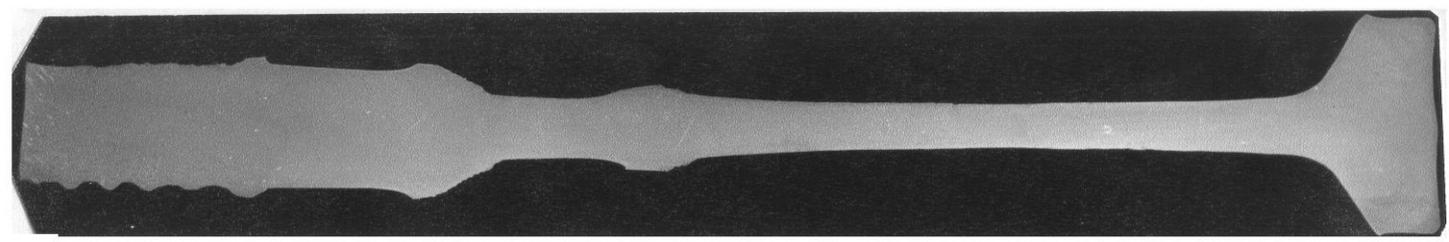
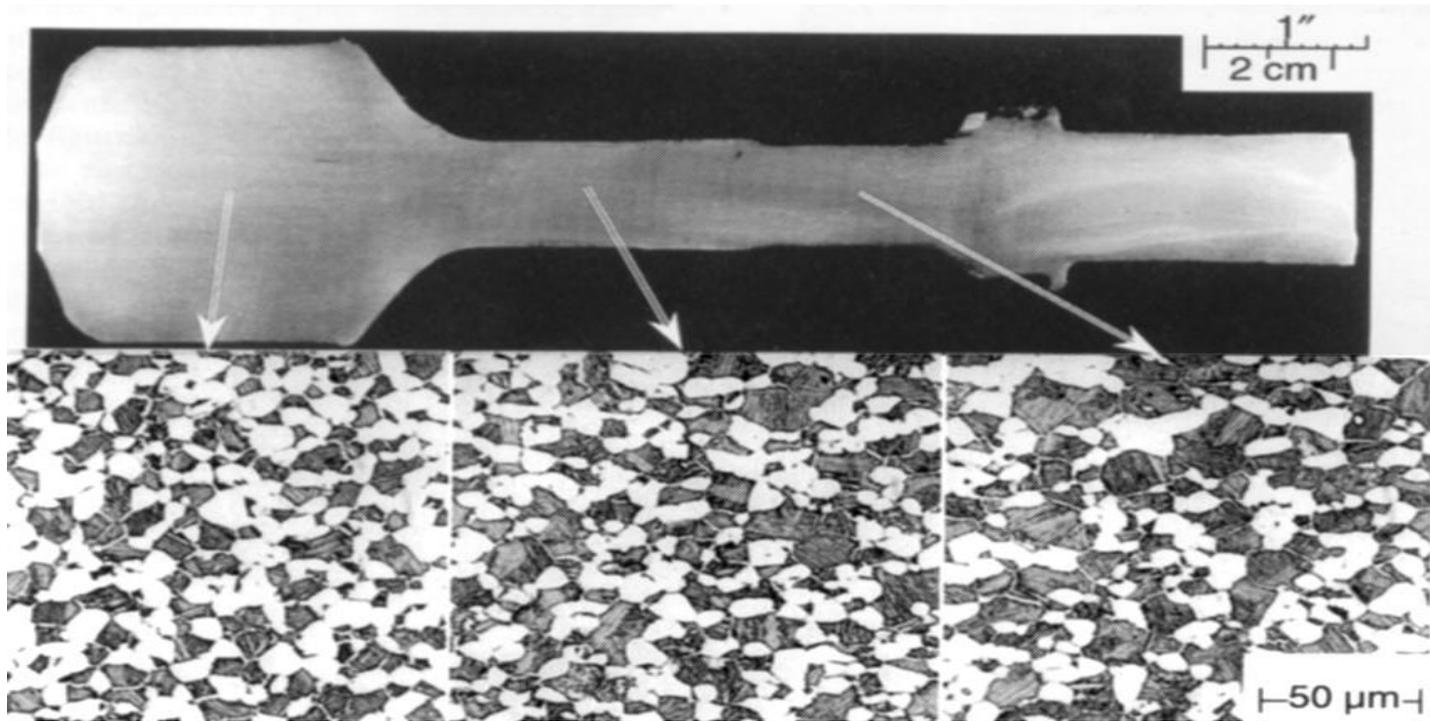


Ролик
формующий

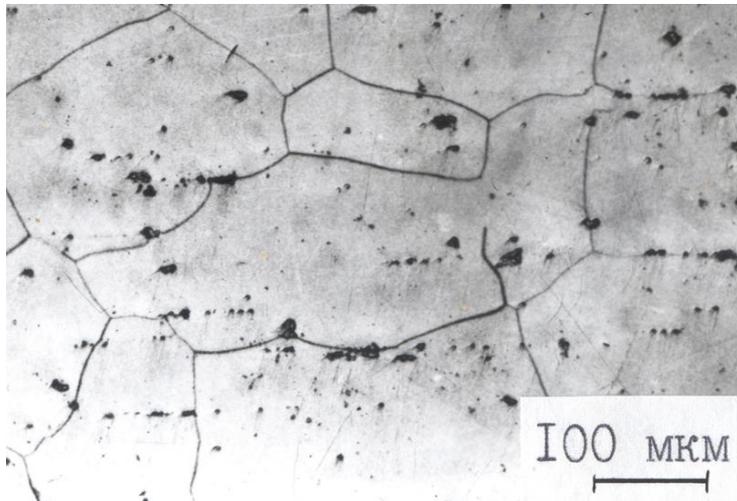
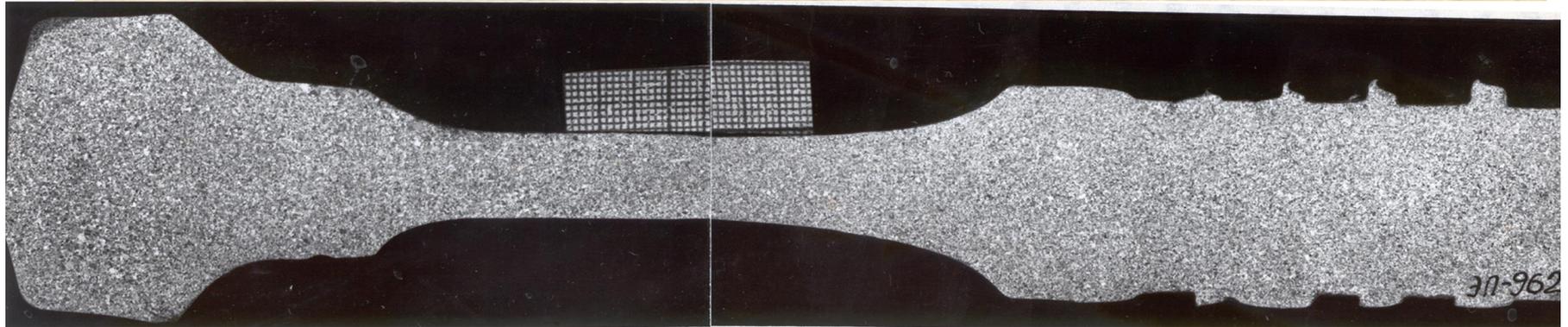
Ролик
выглаживающий

Плоскость
симметрии

Однородная макро и микроструктура раскатанных дисков из жаропрочных Ti сплавов

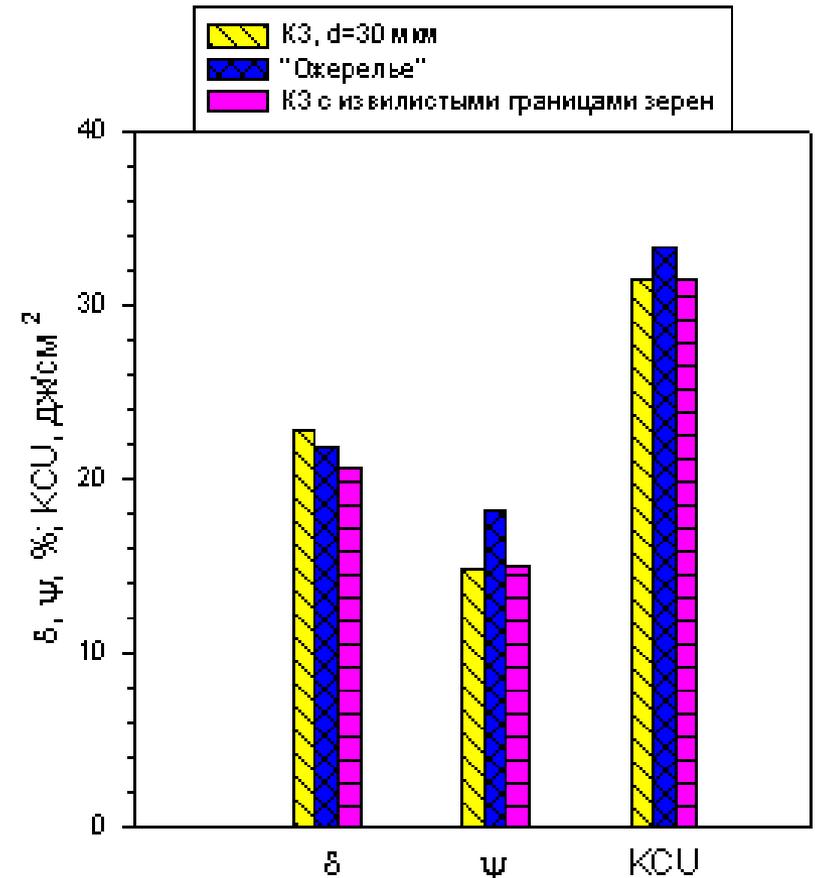
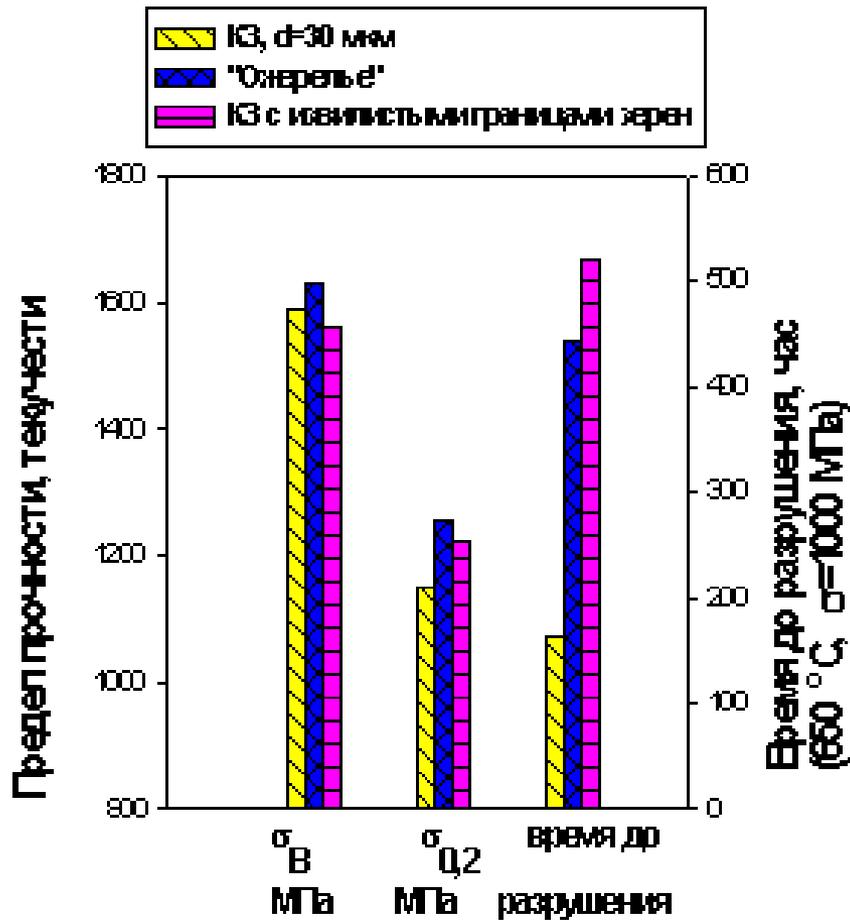


МАКРО И МИКРОСТРУКТУРА ДИСКА ИЗ СПЛАВА ЭП962 ПОСЛЕ РАСКАТКИ И ТЕРМООБРАБОТКИ



ДИСКИ КОМПРЕССОРА РАБОЧИХ КОЛЕС 8, 9 СТУПЕНЕЙ И ЛАБИРИНТА ЗАДНЕГО, ИЗГОТОВЛЕННЫЕ МЕТОДОМ РАСКАТКИ В УСЛОВИЯХ СВЕРХПЛАСТИЧНОСТИ, УСПЕШНО ПРОШЛИ РЕССУРСНЫЕ ИСПЫТАНИЯ В СОСТАВЕ ИЗДЕЛИЯ 21-7025.

МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА РАСКАТАННОГО ДИСКА ИЗ СПЛАВА ЭП962 С РЕГЛАМЕНТИРОВАННЫМ ИЗМЕНЕНИЕМ СТРУКТУРЫ ПО СЕЧЕНИЮ



Выполняя функции головной организации в рамках госконтракта Институт машиноведения совместно с соисполнителями прошёл «полный цикл» создания опытного образца: от разработки технического задания до сдачи стана сржд-800 приёмочной комиссии, утверждённой Заказчиком – Минпромторгом РФ.

Итогами этой работы явились:

Опытный образец стана СРЖД-800, основные характеристики которого соответствуют утверждённому техническому заданию.

Комплект рабочей документации с литерой О₁, соответствующий нормативным документам и ГОСТ.

Определение завода для серийного производства стана СРЖД-800 - ООО «Савеловский машиностроительный завод» ОПК «Оборонпром», который провёл в рамках контракта технологическую подготовку производства.

Вклад ИМАШ в данный проект:

Научными сотрудниками института машиноведения было проведено математическое моделирование процесса раскатки на основе метода конечных элементов с использованием пакета программ «ANSIS»

Особое внимание было уделено:

- 1. Оптимизации конструкций раскатных головок и каретки, от которых зависит величина усилия и скорость раскатки, необходимых для сверхпластической деформации жаропрочного сплава;**
- 2. Исследованию влияния температуры в зоне раскатки на прогиб раскатной головки с инструментом при максимальной нагрузке, так как в результате их нагрева в печи значительно увеличиваются упругие деформации.**
- 3. Обоснованию выбора геометрических параметров инструмента – ролика, влияющих на усилия деформации и её скорость в заданных пределах.**
- 4. Разработке принципов построения системы управления процессом раскатки и требований к её структуре, определяемых технологическими особенностями механических узлов стана и их взаимодействию.**