

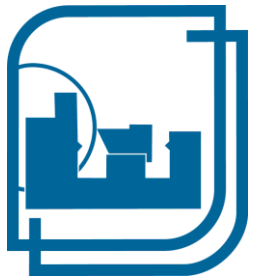
● **РАЗРАБОТКА ГИДРОСТАТИЧЕСКИХ ОПОРНЫХ УЗЛОВ ДЛЯ
СУПОРТОВ ТОКАРНЫХ СТАНКОВ**



**ДОНБАССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ
МАШИНОСТРОИТЕЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ**

**РАЗРАБОТКА ГИДРОСТАТИЧЕСКИХ
ОПОРНЫХ УЗЛОВ ДЛЯ СУПОРТОВ
ТОКАРНЫХ СТАНКОВ**

Магистр: Любович И.В. гр. МС-09-1м
Руководитель: профессор, д.т.н. Ковалёв В.Д.

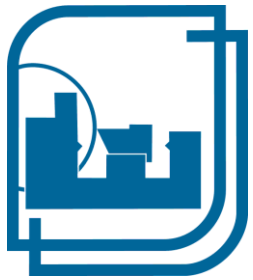


● РАЗРАБОТКА ГИДРОСТАТИЧЕСКИХ ОПОРНЫХ УЗЛОВ ДЛЯ СУПОРТОВ ТОКАРНЫХ СТАНКОВ

Цель работы: Повышение точности и работоспособности тяжелого станка путем применения гидростатических направляющих..

Объект исследования: исследования: гидростатические направляющие тяжелого станка повышенной грузоподъемности.

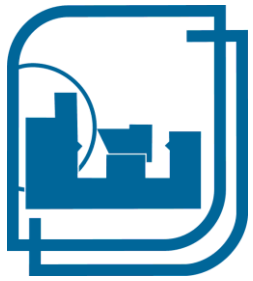
Предмет исследования: закономерности работы гидростатических опор тяжёлого токарного станка для обеспечения повышенной точности.



● РАЗРАБОТКА ГИДРОСТАТИЧЕСКИХ ОПОРНЫХ УЗЛОВ ДЛЯ СУППОРТОВ ТОКАРНЫХ СТАНКОВ

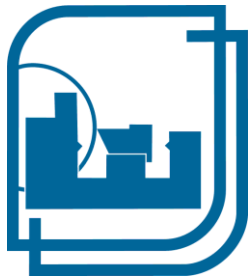
● Задачи исследования:

- 1. Проанализировать существующие конструкции тяжолых токарных станков с гидростатическими направляющими.
- 2. Разработать систему проектирования тяжёлых токарных станка на концептуальном уровня принципе.
- 3. Создать конструкцию суппорта токарного станка повышенной точности с гидростатическими направляющими продольных и поперечных перемещений.



● РАЗРАБОТКА ГИДРОСТАТИЧЕСКИХ ОПОРНЫХ УЗЛОВ ДЛЯ СУППОРТОВ ТОКАРНЫХ СТАНКОВ

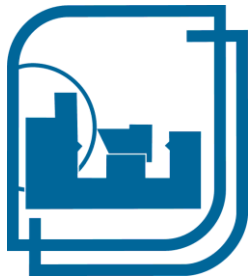
4. Исследовать поведение суппорта при разных вариантах нагружения и разных температурных условиях
5. Разработать мехатронную систему адаптивного управления гидростатическими опорами суппорта.



● РАЗРАБОТКА ГИДРОСТАТИЧЕСКИХ ОПОРНЫХ УЗЛОВ ДЛЯ СУППОРТОВ ТОКАРНЫХ СТАНКОВ

Научная новизна:

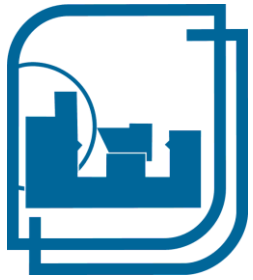
- 1 Усовершенствованы методы моделирования гидростатических опор с учётом силовых и тепловых деформаций.
- Разработана система управления точностью перемещений суппорта тяжёлого токарного станка.
- Создана мехатронная адаптивная система управления гидростатическими направляющими суппорта на основе системы датчиков и микропроцессорной обработки данных для обратной связи по средствам регулируемых клапанов.



● РАЗРАБОТКА ГИДРОСТАТИЧЕСКИХ ОПОРНЫХ УЗЛОВ ДЛЯ СУПОРТОВ ТОКАРНЫХ СТАНКОВ

Практическая ценность:

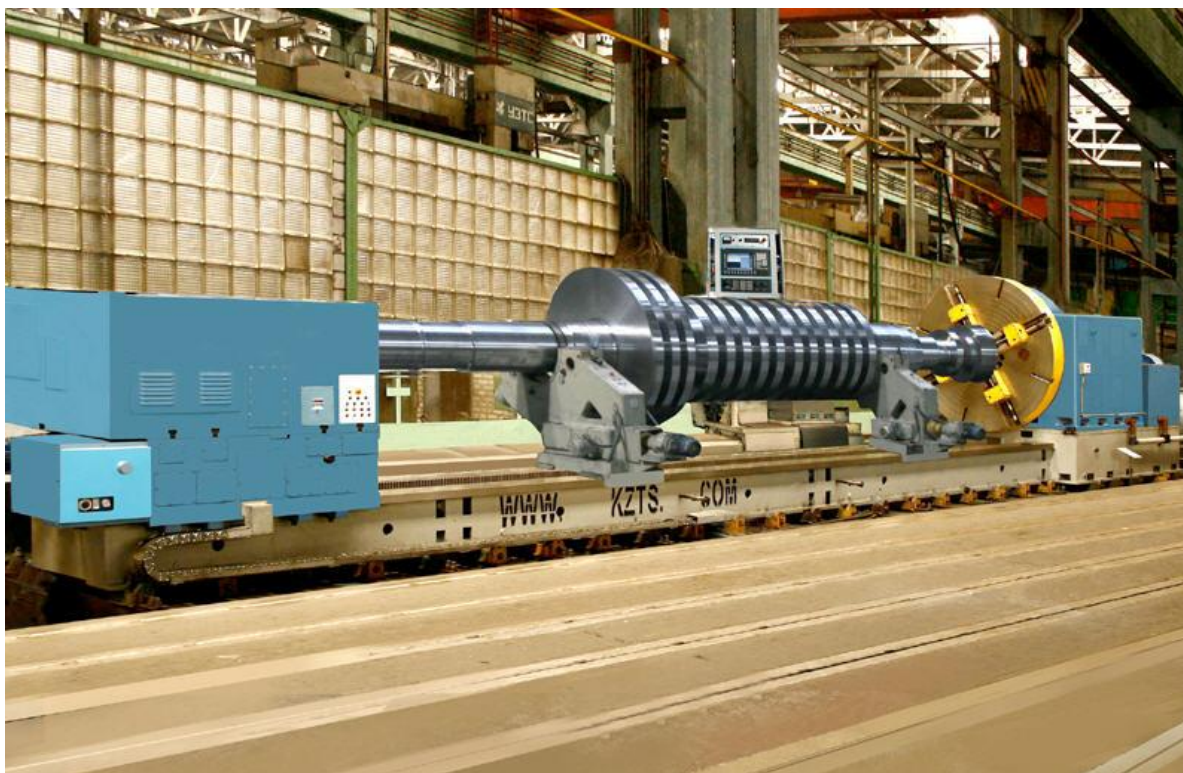
- Разработана конструкция гидростатических направляющих тяжелого станка повышенной грузоподъемности, обеспечивающая его работоспособность при действии сил резания до 200 кН.
- Разработано программный код для управления мехатронной системой на основе микроконтроллера ATmega64



- **РАЗРАБОТКА ГИДРОСТАТИЧЕСКИХ ОПОРНЫХ УЗЛОВ ДЛЯ СУПОРТОВ ТОКАРНЫХ СТАНКОВ**

ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ СОВРЕМЕННЫХ ТЯЖЕЛЫХ ТОКАРНЫХ СТАНКОВ

- **РАЗРАБОТКА ГИДРОСТАТИЧЕСКИХ ОПОРНЫХ УЗЛОВ ДЛЯ СУППОРТОВ ТОКАРНЫХ СТАНКОВ**



Тяжелый токарный станок 1K675Ф3

- РАЗРАБОТКА ГИДРОСТАТИЧЕСКИХ ОПОРНЫХ УЗЛОВ ДЛЯ СУПОРТОВ ТОКАРНЫХ СТАНКОВ



Тяжелый токарный станок модели ŠKODA SR 3

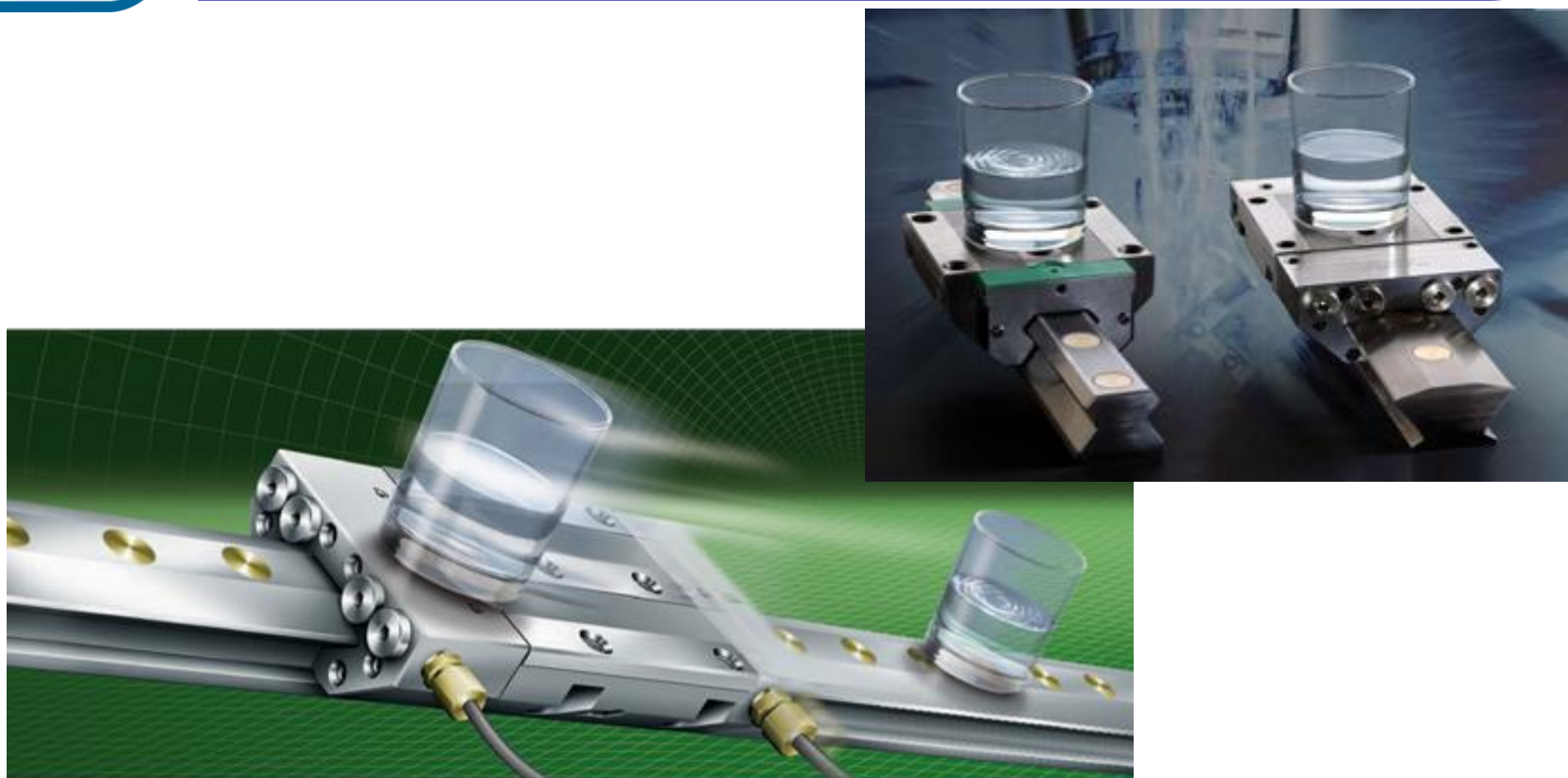
- **РАЗРАБОТКА ГИДРОСТАТИЧЕСКИХ ОПОРНЫХ УЗЛОВ ДЛЯ СУППОРТОВ ТОКАРНЫХ СТАНКОВ**

Применение Гидростатических направляющих в станках



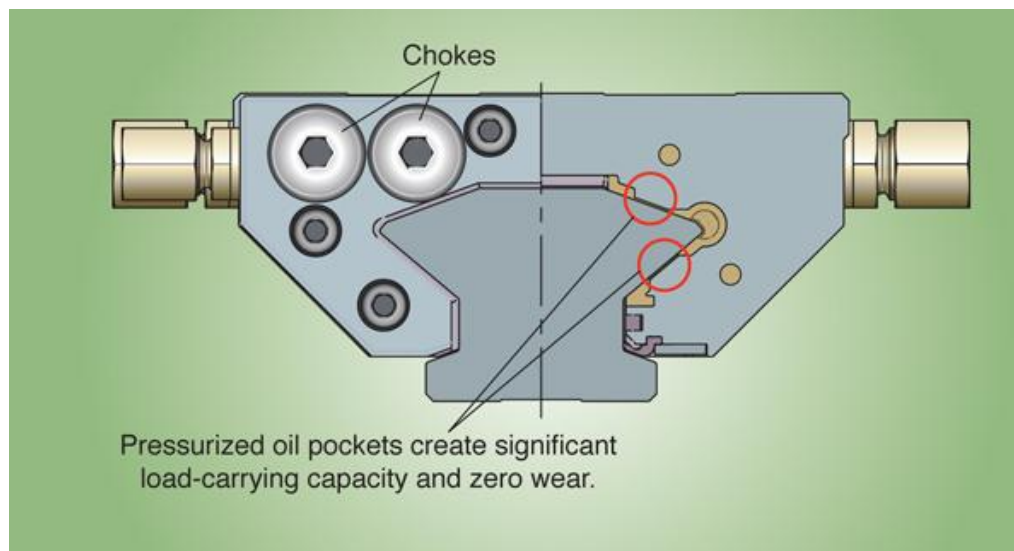
**Гидростатические направляющие каретки
суппорта станка КЖ 16159 Ф3**

- РАЗРАБОТКА ГИДРОСТАТИЧЕСКИХ ОПОРНЫХ УЗЛОВ ДЛЯ СУПОРТОВ ТОКАРНЫХ СТАНКОВ

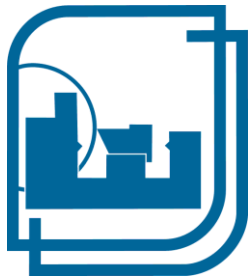


Гидростатические линейные напавляющие

- РАЗРАБОТКА ГИДРОСТАТИЧЕСКИХ ОПОРНЫХ УЗЛОВ ДЛЯ СУПОРТОВ ТОКАРНЫХ СТАНКОВ



Каретка гидростатических направляющих



● РАЗРАБОТКА ГИДРОСТАТИЧЕСКИХ ОПОРНЫХ УЗЛОВ ДЛЯ СУППОРТОВ ТОКАРНЫХ СТАНКОВ

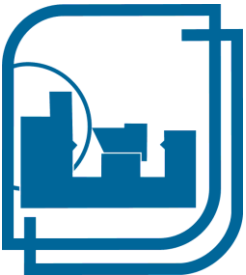
ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ И МЕТОДИКА СОЗДАНИЯ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ ПО КОНСТРУИРОВАНИЮ НА КОНЦЕПТУАЛЬНОМ УРОВНЕ

- 1 Выбор и ограничение области проектирования и представление в виде макета иерархической структуры.
- 2 Анализ суппортной группы
- 3 Выбор критериев описывающих цель и задачи (ТЗ)

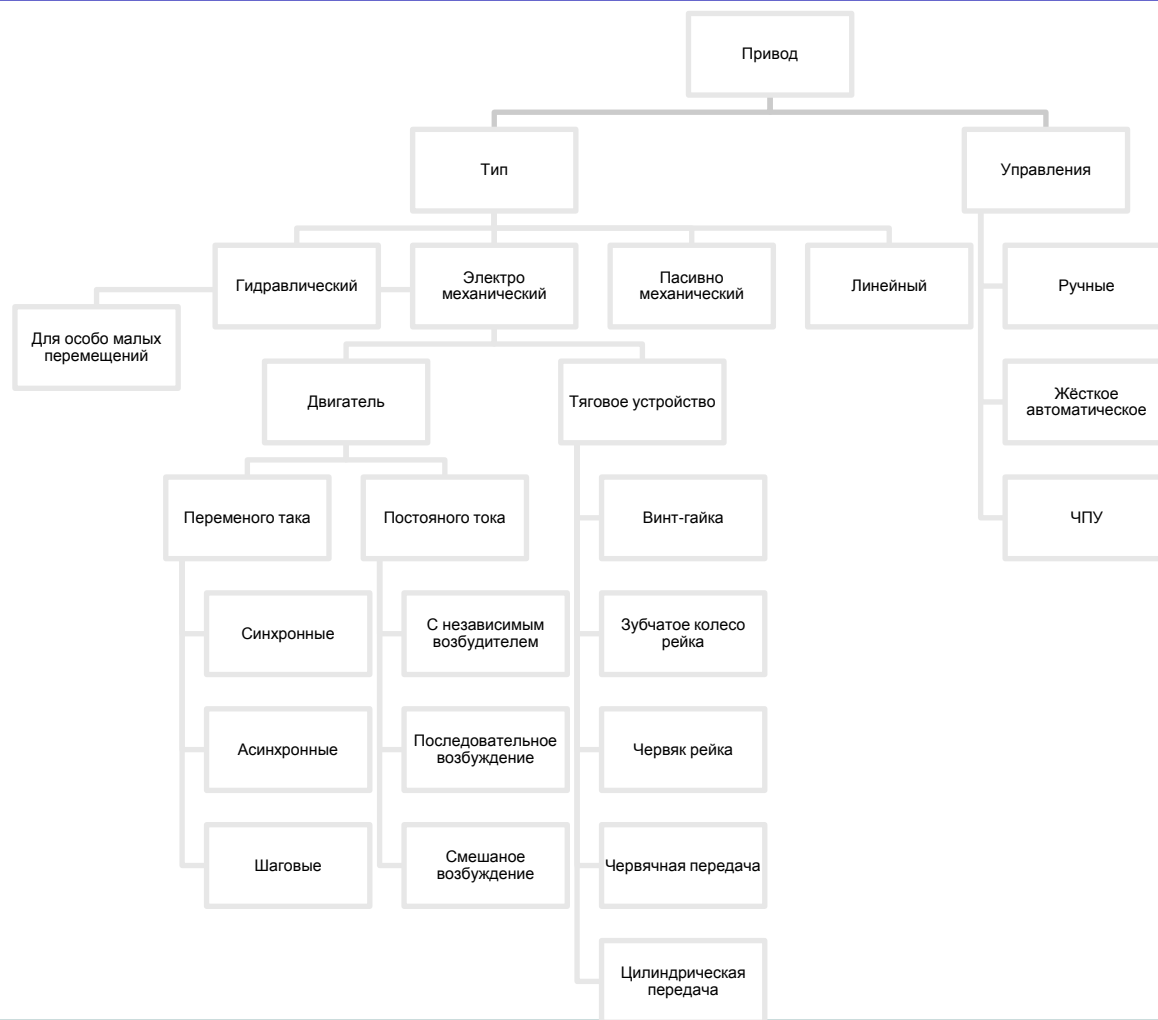
- РАЗРАБОТКА ГИДРОСТАТИЧЕСКИХ ОПОРНЫХ УЗЛОВ ДЛЯ СУПОРТОВ ТОКАРНЫХ СТАНКОВ

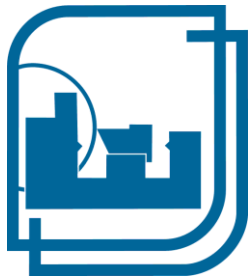
4. Иерархическая структура суппорта





РАЗРАБОТКА ГИДРОСТАТИЧЕСКИХ ОПОРНЫХ УЗЛОВ ДЛЯ СУПОРТОВ ТОКАРНЫХ СТАНКОВ



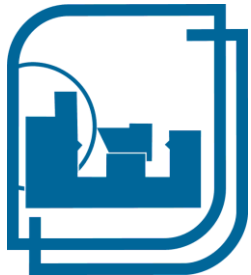


РАЗРАБОТКА ГИДРОСТАТИЧЕСКИХ ОПОРНЫХ УЗЛОВ ДЛЯ СУПОРТОВ ТОКАРНЫХ СТАНКОВ

- Выбор и обоснование инструментальных средств для разработки ПО для концептуальному конструированию.

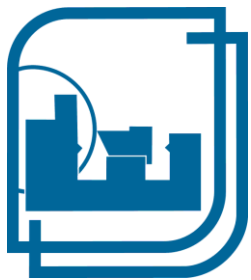


- Объединение сквозного проектирования с пошаговым.



- РАЗРАБОТКА ГИДРОСТАТИЧЕСКИХ ОПОРНЫХ УЗЛОВ ДЛЯ СУППОРТОВ ТОКАРНЫХ СТАНКОВ

РАСЧЁТ ГИДРОСТАТИЧЕСКИХ
НАПРАВЛЯЮЩИХ ТЯЖЁЛЫХ СТАНКОВ НА
РЕАЛИЗАЦИИ УРАВНЕНИЯ
РЕЙНОЛЬДСА



● РАЗРАБОТКА ГИДРОСТАТИЧЕСКИХ ОПОРНЫХ УЗЛОВ ДЛЯ СУППОРТОВ ТОКАРНЫХ СТАНКОВ

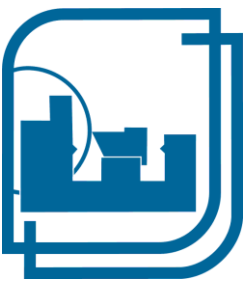
Алгоритм расчета плоских направляющих жидкостного трения

При рассмотрении плоских направляющих жидкостного трения с движением поверхности только в направлении оси x ($V = 0$) уравнение примет следующий вид:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(h^3 \frac{\partial p}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(h^3 \frac{\partial p}{\partial z} \right) = -6\mu U \frac{\partial p}{\partial x} \quad (1)$$

Уравнение (1) с граничными условиями по границам исследуемой области

$$\left. \begin{aligned} p = 0 \quad \text{на} \quad 0 \leq x \leq A \quad \text{при} \quad z = 0, \\ 0 \leq x \leq A \quad \text{при} \quad z = B, \\ 0 \leq z \leq B \quad \text{при} \quad x = 0, \\ 0 \leq z \leq B \quad \text{при} \quad x = A, \end{aligned} \right\} \quad (2)$$



● РАЗРАБОТКА ГИДРОСТАТИЧЕСКИХ ОПОРНЫХ УЗЛОВ ДЛЯ СУПОРТОВ ТОКАРНЫХ СТАНКОВ

Безразмерный вид исходного дифференциального уравнения

С целью получения общности решения для геометрически подобных областей, уравнение (1) приведено к безразмерному виду

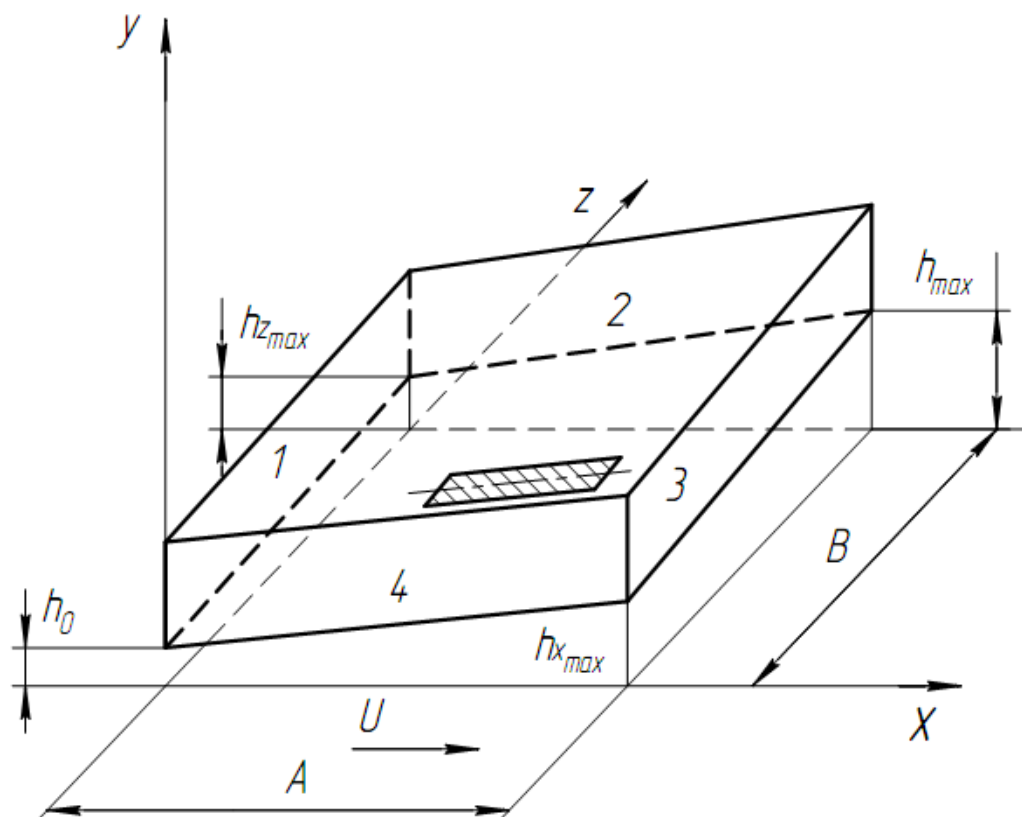
$$\left. \begin{aligned} \bar{x} &= x / A; \quad 0 \leq x \leq 1; \\ \bar{z} &= z / A; \quad 0 \leq \bar{z} \leq \hat{A} / \dot{A} = \ddot{A}; \\ \bar{p} &= p / C; \quad C = C_1 + C_2; \quad C_1 = \frac{6UA\mu}{h_0^2}; \quad C_2 = p_c; \\ \bar{h} &= h / h_0 = 1 + \alpha \bar{x} + \beta \bar{z}; \\ \alpha &= \frac{h_{\max} x}{h_0} - 1, \quad \beta = \left(\frac{h_{\max} z}{h_0} - 1 \right) \ddot{A}^{-1}, \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

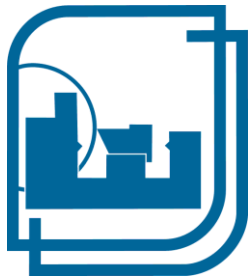
где p_c - давление в системе питания;

A и B – длина и ширина опоры.

- РАЗРАБОТКА ГИДРОСТАТИЧЕСКИХ ОПОРНЫХ УЗЛОВ ДЛЯ СУПОРТОВ ТОКАРНЫХ СТАНКОВ

Схема прямоугольной гидростатической опоры с относительным наклоном сопрягаемых поверхностей



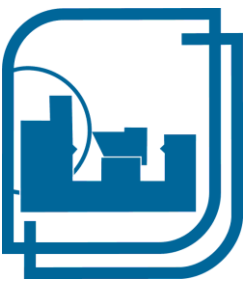


● РАЗРАБОТКА ГИДРОСТАТИЧЕСКИХ ОПОРНЫХ УЗЛОВ ДЛЯ СУППОРТОВ ТОКАРНЫХ СТАНКОВ

Граничные условия

Граничные условия (2) в безразмерном виде, перепишутся так:

$$\left. \begin{array}{ll} \bar{p} = 0 & \text{на} \quad \bar{x} = 0 \quad 0 \leq \bar{z} \leq \mathcal{D} = B / A; \\ & \bar{x} = 1 \quad 0 \leq \bar{z} \leq \mathcal{D} = B / A; \\ & \bar{z} = 0 \quad 0 \leq \bar{x} \leq 1; \\ & \bar{z} = \mathcal{D} \quad 0 \leq \bar{x} \leq 1. \end{array} \right\} \quad (4)$$



● РАЗРАБОТКА ГИДРОСТАТИЧЕСКИХ ОПОРНЫХ УЗЛОВ ДЛЯ СУПОРТОВ ТОКАРНЫХ СТАНКОВ

Зависимости, определяющие основные эксплуатационные параметры опор жидкостного трения

Несущая способность

В общем виде:

$$W = \iint_F p dF$$

Переходя к безразмерным величинам согласно (4):

$$W = CA^2 K_W \quad (5)$$

где K_W - безразмерный коэффициент, характеризующий несущую способность опоры,

$$K_W = \int_0^1 \int_0^D \bar{p} d\bar{x} d\bar{z} \quad (6)$$

- РАЗРАБОТКА ГИДРОСТАТИЧЕСКИХ ОПОРНЫХ УЗЛОВ ДЛЯ СУППОРТОВ ТОКАРНЫХ СТАНКОВ

Мощность, затрачиваемая на преодоление сил вязкого сдвига

Согласно гипотезе Ньютона напряжение вязкого сдвига

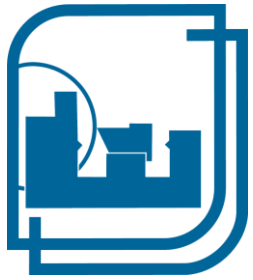
$$\tau = \mu \frac{\partial U}{\partial y}$$

$$N_{mp} = UF_{TP} = U \iint_F \tau dF$$

$$N_{mp} = \frac{\mu U^2 A^2}{h_0} K_{N_{mp}} \quad (7)$$

где $K_{N_{\delta\delta}}$:

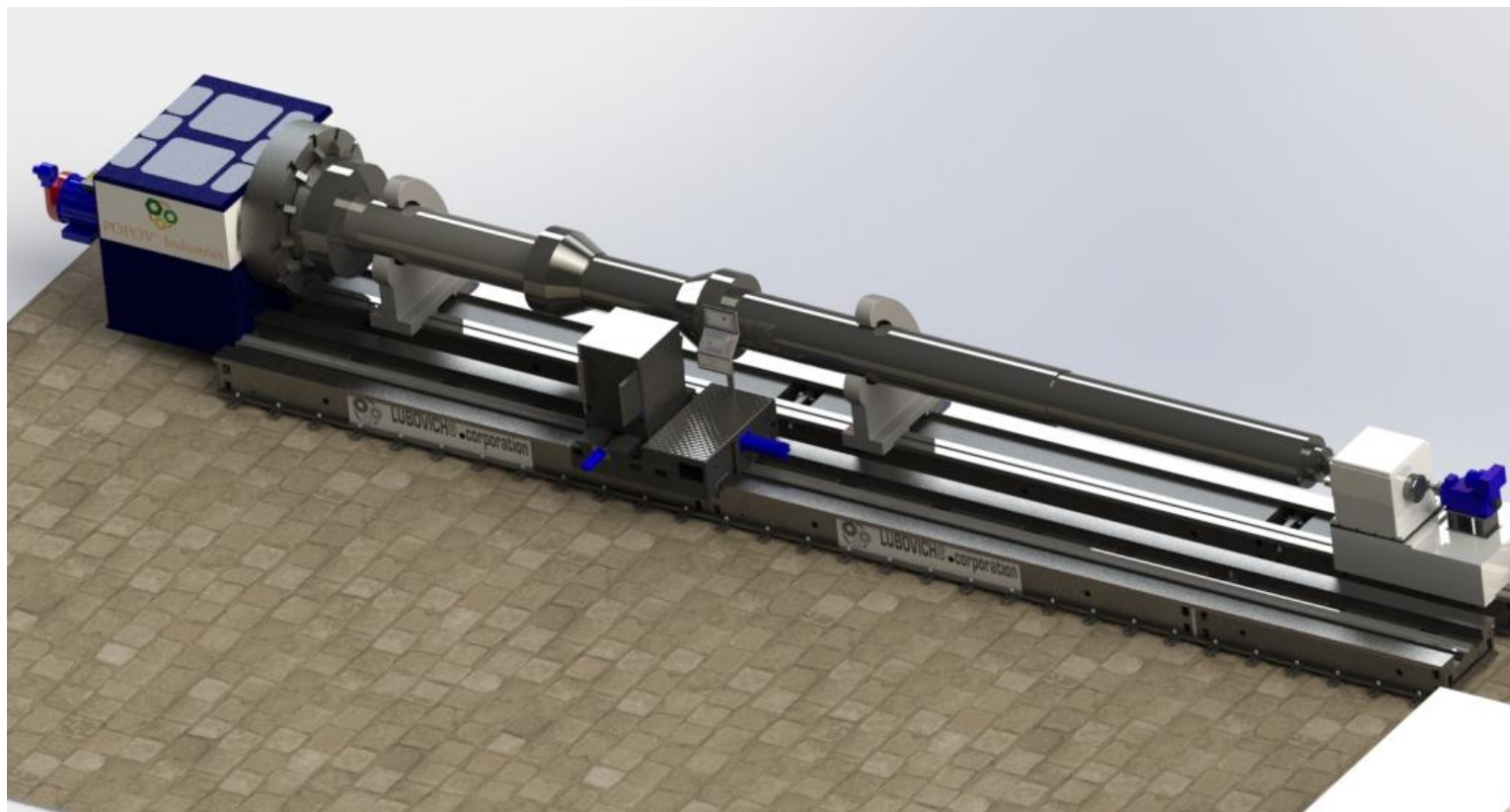
$$K_{N_{mp}} = \int_0^1 \int_0^D \left(\pm \frac{3\alpha\bar{p}}{\Omega} + \frac{1}{h} \right) d\bar{x} d\bar{z}$$



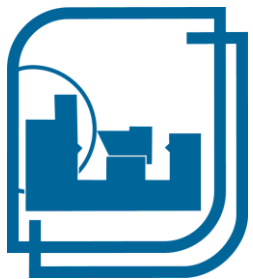
- РАЗРАБОТКА ГИДРОСТАТИЧЕСКИХ ОПОРНЫХ УЗЛОВ ДЛЯ СУПОРТОВ ТОКАРНЫХ СТАНКОВ

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЯЖЕЛОГО ТОКАРНОГО СТАНКА

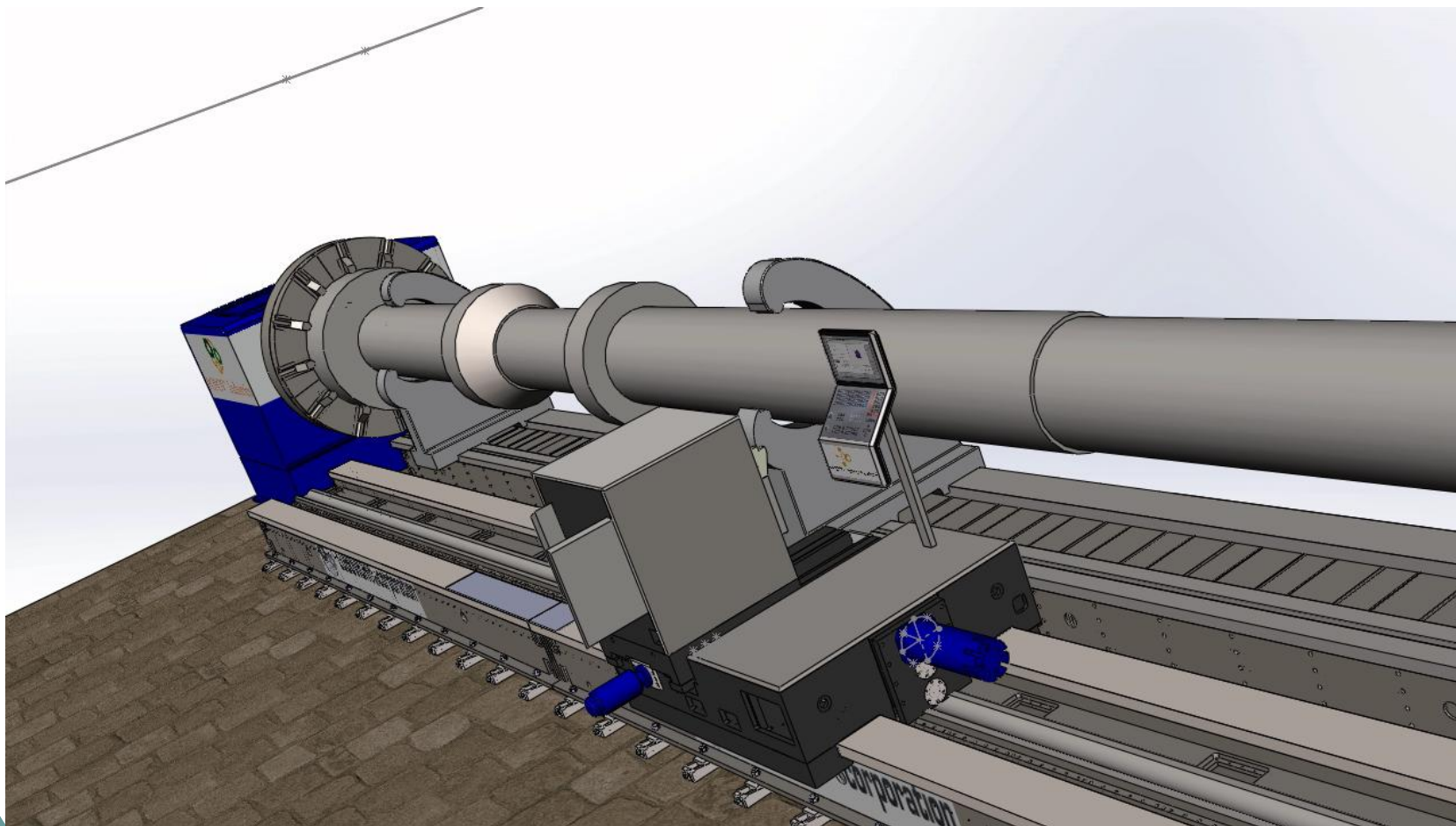
- **РАЗРАБОТКА ГИДРОСТАТИЧЕСКИХ ОПОРНЫХ УЗЛОВ ДЛЯ СУПОРТОВ ТОКАРНЫХ СТАНКОВ**

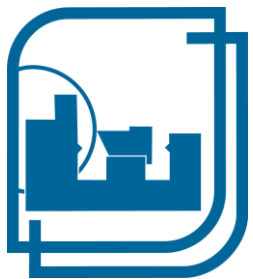


Токарный станок повышенной нагрузочной способностью с ЧПУ.

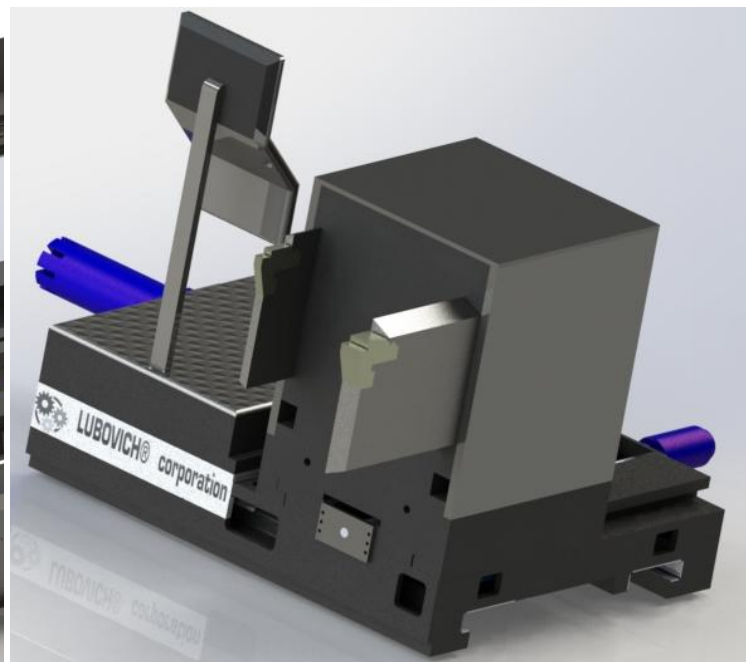
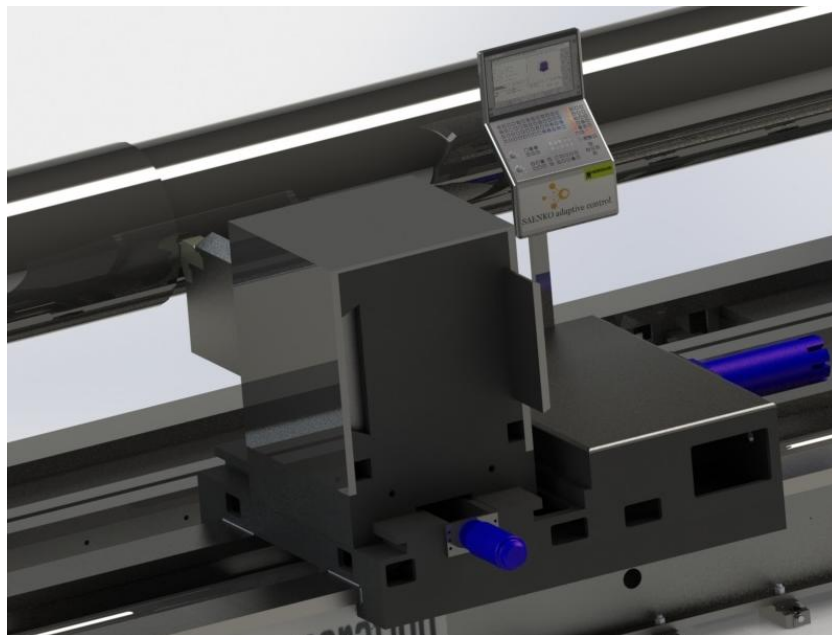


● РАЗРАБОТКА ГИДРОСТАТИЧЕСКИХ ОПОРНЫХ УЗЛОВ ДЛЯ СУПОРТОВ ТОКАРНЫХ СТАНКОВ

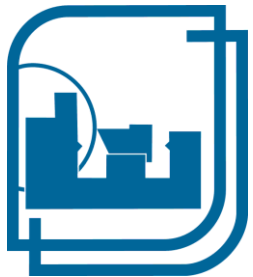




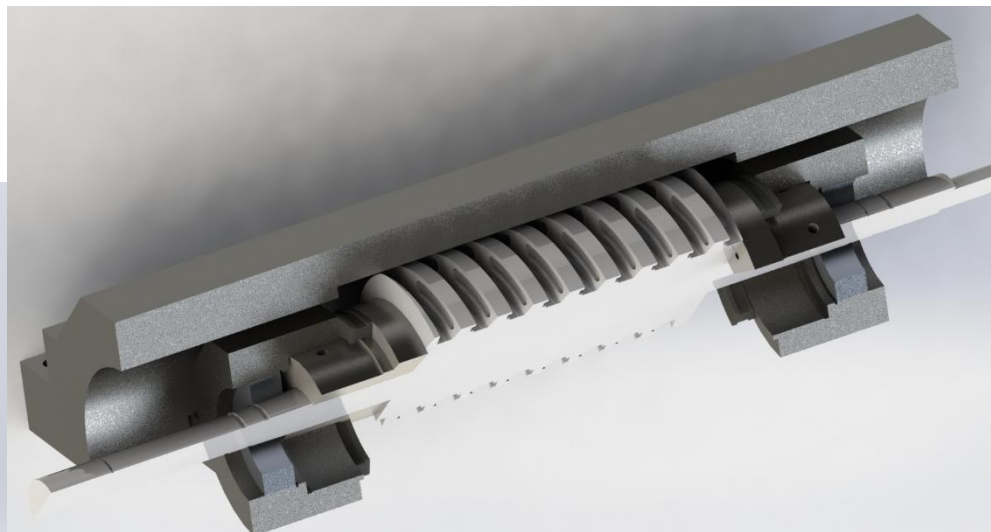
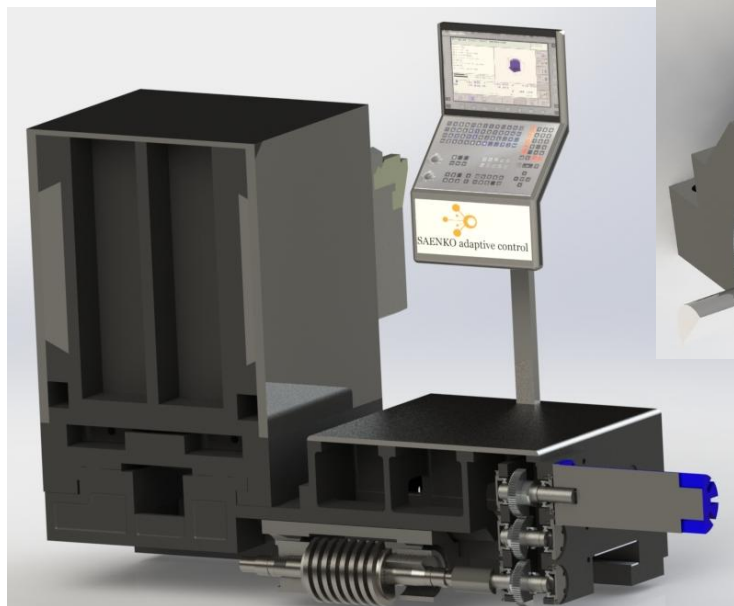
● РАЗРАБОТКА ГИДРОСТАТИЧЕСКИХ ОПОРНЫХ УЗЛОВ ДЛЯ СУППОРТОВ ТОКАРНЫХ СТАНКОВ



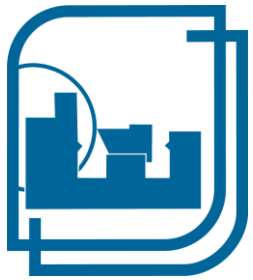
Фотореалистика суппорта с повышенной нагрузочной способностью



● РАЗРАБОТКА ГИДРОСТАТИЧЕСКИХ ОПОРНЫХ УЗЛОВ ДЛЯ СУПОРТОВ ТОКАРНЫХ СТАНКОВ



Развертка тягового устройства тяжёлого токарного станка



● РАЗРАБОТКА ГИДРОСТАТИЧЕСКИХ ОПОРНЫХ УЗЛОВ ДЛЯ СУППОРТОВ ТОКАРНЫХ СТАНКОВ

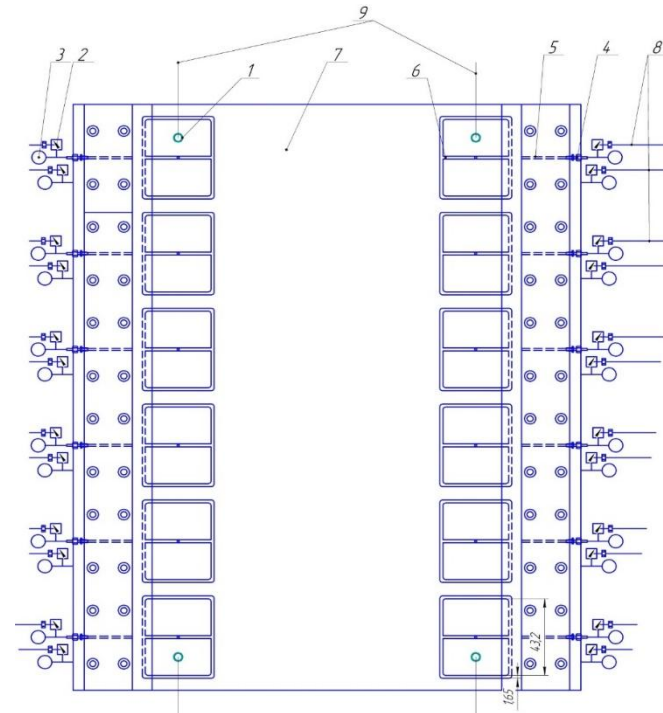
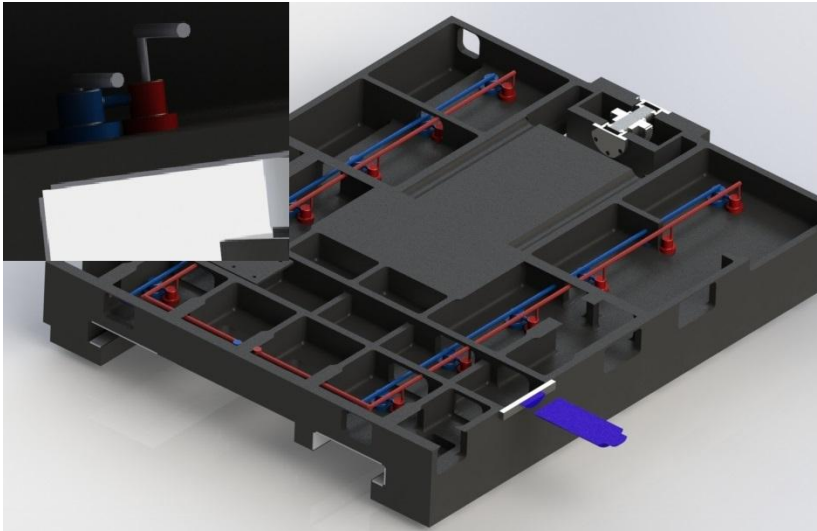
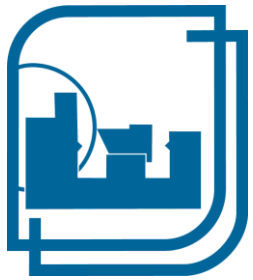


Схема гидравлики узла суппорта тяжелого токарного станка



● РАЗРАБОТКА ГИДРОСТАТИЧЕСКИХ ОПОРНЫХ УЗЛОВ ДЛЯ СУПОРТОВ ТОКАРНЫХ СТАНКОВ

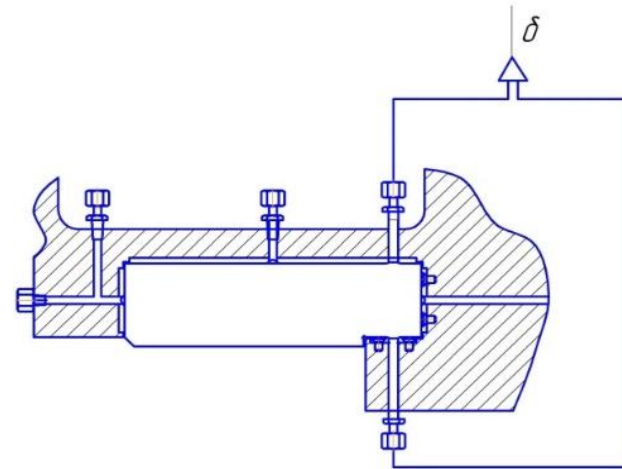
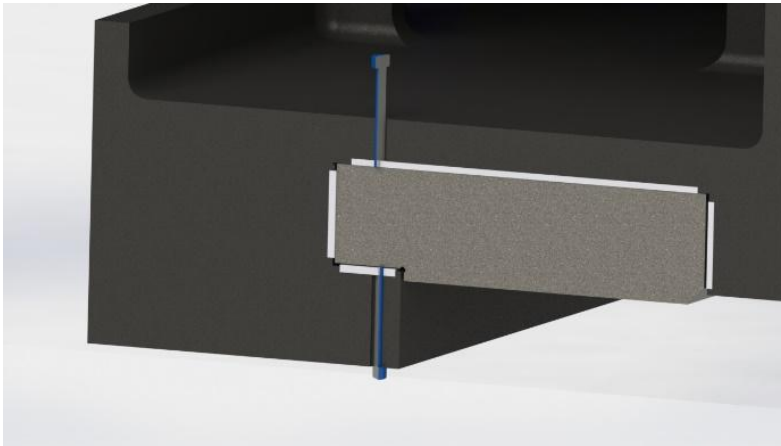


Схема расположения индуктивных датчиков зазора

РАЗРАБОТКА ГИДРОСТАТИЧЕСКИХ ОПОРНЫХ УЗЛОВ ДЛЯ СУППОРТОВ ТОКАРНЫХ СТАНКОВ

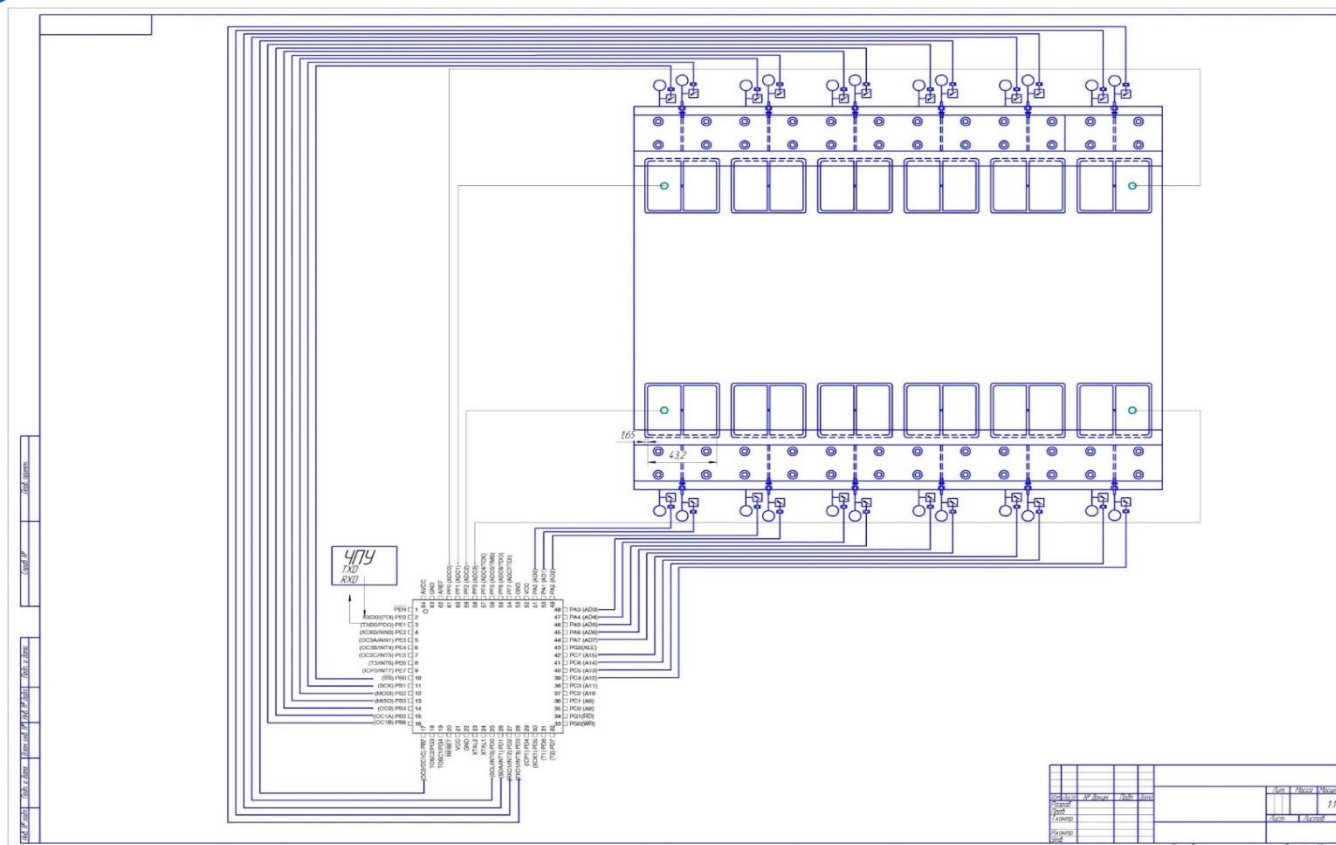
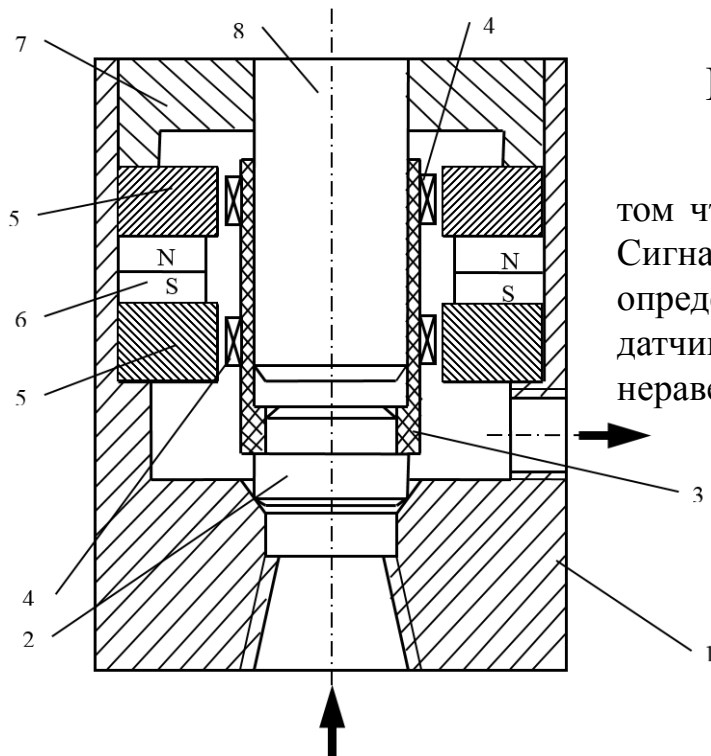


схема взаимосвязи микроконтроллера ATmega64 и регулируемого дросселя

РАЗРАБОТКА ГИДРОСТАТИЧЕСКИХ ОПОРНЫХ УЗЛОВ ДЛЯ СУПОРТОВ ТОКАРНЫХ СТАНКОВ



Принцип действия системы управления

Алгоритм работы микроконтроллера заключается в том что он получает сигнал с преобразователя датчика. Сигнал несет в себе число со знаком, это число определяет величину разности показаний одной пары датчиков. Затем эта разность обрабатывается исходя из неравенств:

$$\Delta p = k_n \delta + k_u \int \delta dt;$$

$$\Delta p = k_n \delta + k_u \int \delta dt + k \partial \frac{d\delta}{dt};$$

Управляемый
предохранительный клапан.

- РАЗРАБОТКА ГИДРОСТАТИЧЕСКИХ ОПОРНЫХ УЗЛОВ ДЛЯ СУПОРТОВ ТОКАРНЫХ СТАНКОВ

Исследования и испытания узлов станка в среде solidworks simulation

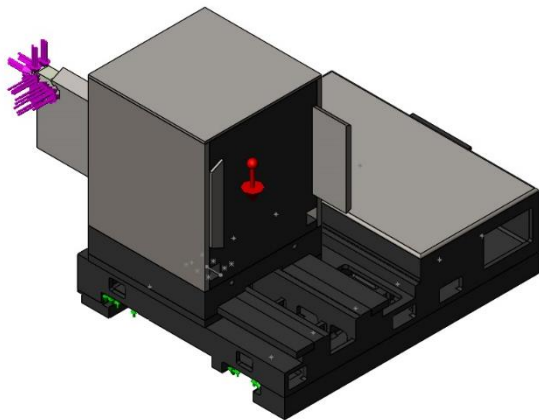
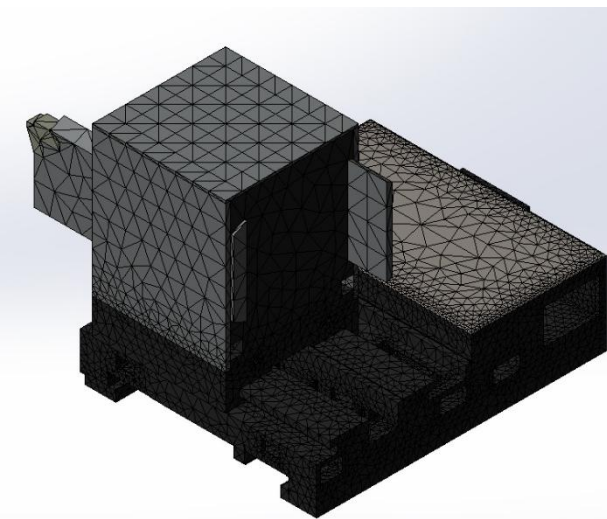
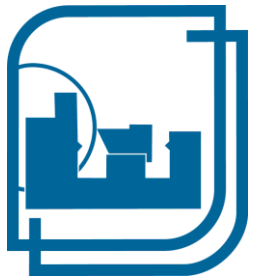


Схема нагружения

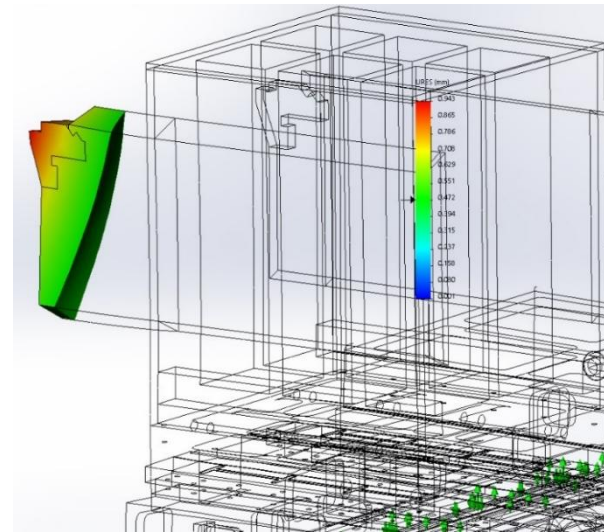
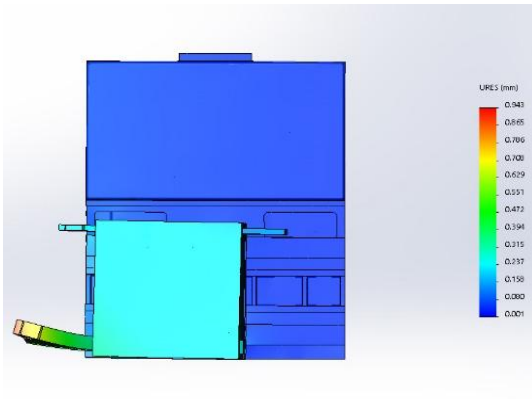


Разбиение на сетка для
конечных элементов

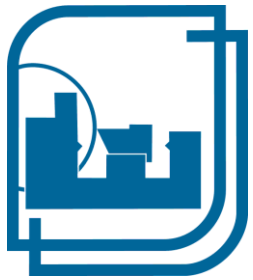


● РАЗРАБОТКА ГИДРОСТАТИЧЕСКИХ ОПОРНЫХ УЗЛОВ ДЛЯ СУПОРТОВ ТОКАРНЫХ СТАНКОВ

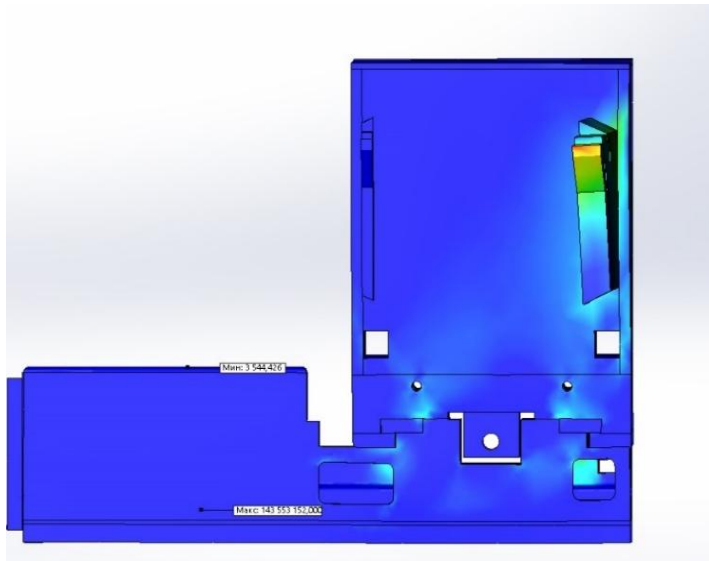
Результаты исследования



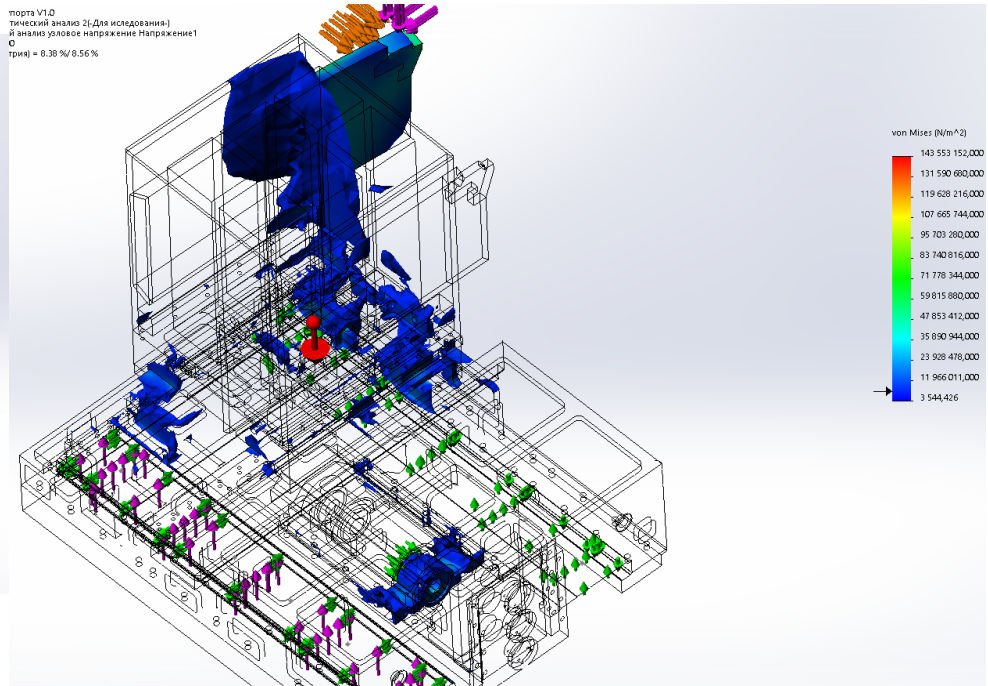
- Эпюра упругих отклонений державки резца увеличенное в 200 раз



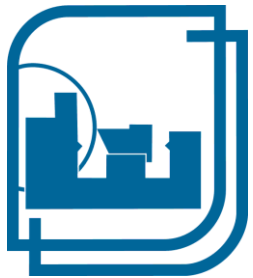
● РАЗРАБОТКА ГИДРОСТАТИЧЕСКИХ ОПОРНЫХ УЗЛОВ ДЛЯ СУППОРТОВ ТОКАРНЫХ СТАНКОВ



Внутреннее напряжение
металлоконструкции
суппорта

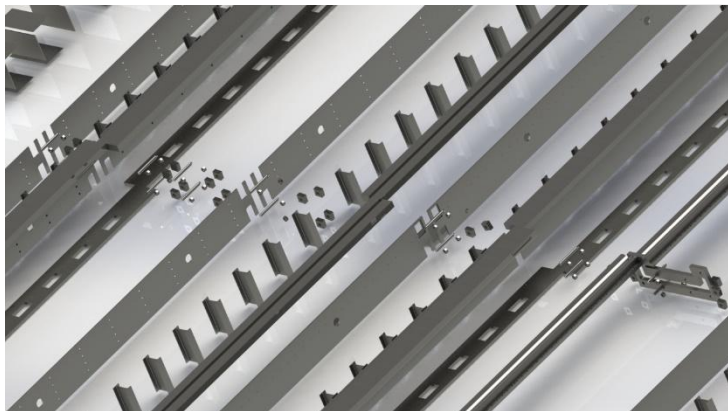


Наиболее нагруженные участки суппорта

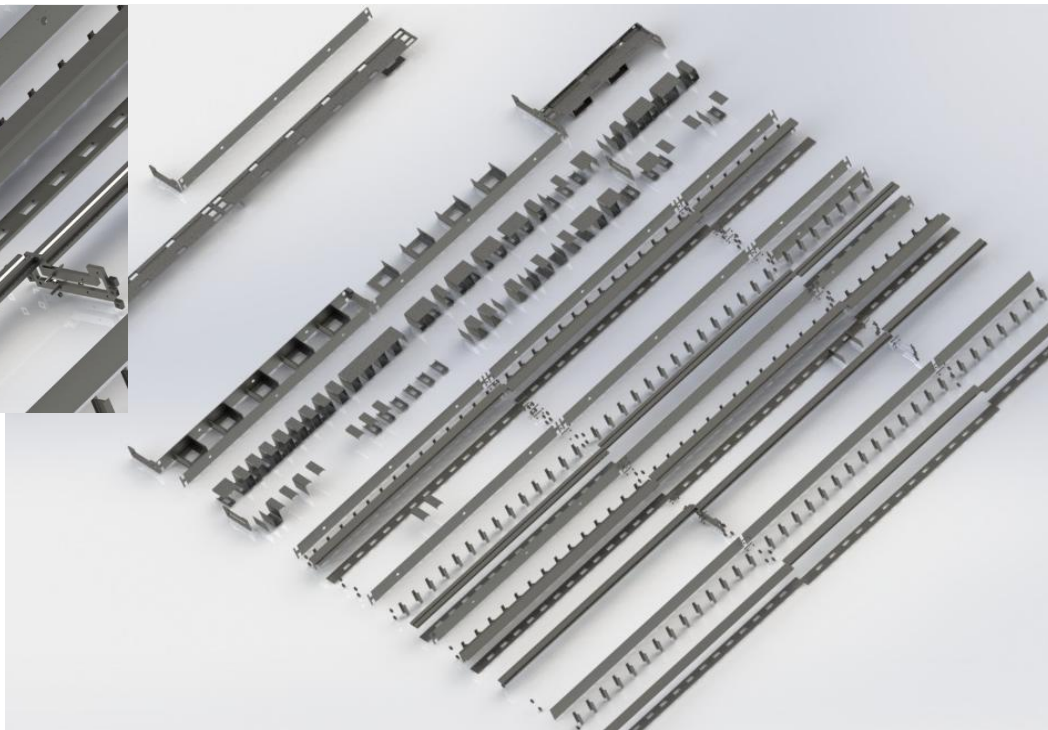


● РАЗРАБОТКА ГИДРОСТАТИЧЕСКИХ ОПОРНЫХ УЗЛОВ ДЛЯ СУППОРТОВ ТОКАРНЫХ СТАНКОВ

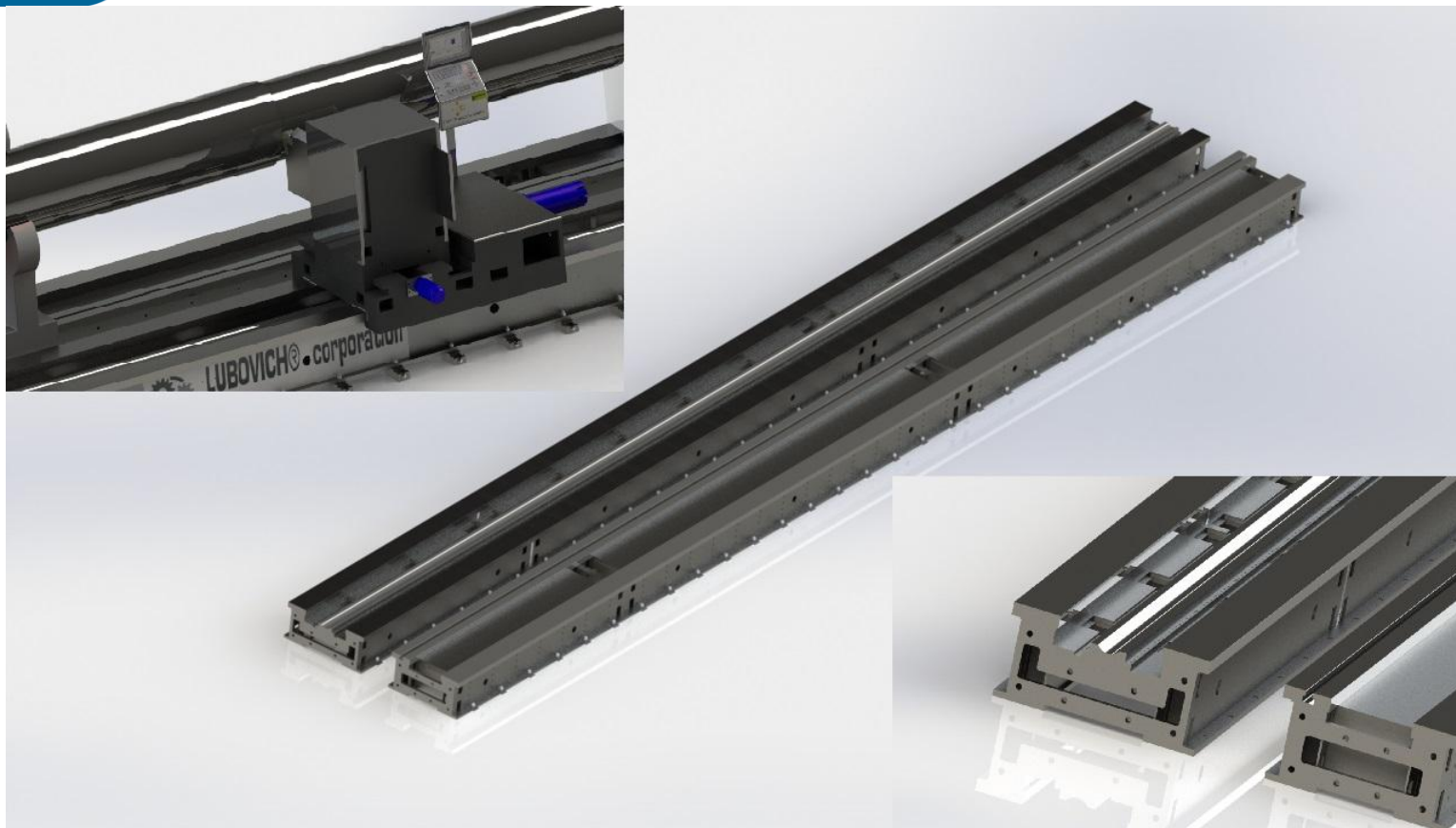
Статическое исследование сварной станины тяжёлого токарного станка.



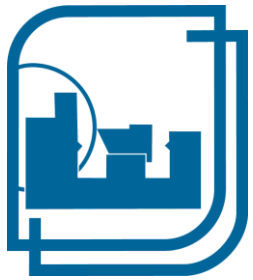
Сварная станина
вид с разнесёнными частям



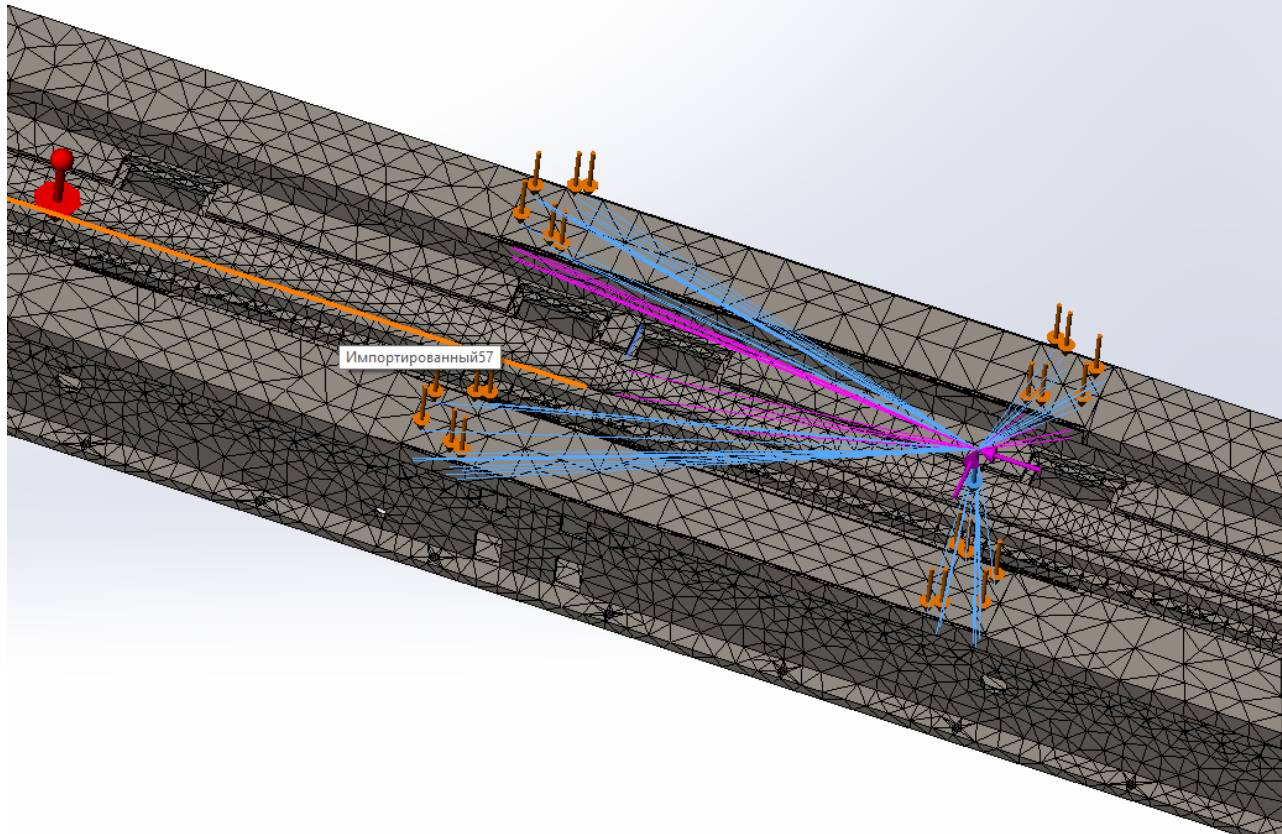
- **РАЗРАБОТКА ГИДРОСТАТИЧЕСКИХ ОПОРНЫХ УЗЛОВ ДЛЯ СУППОРТОВ ТОКАРНЫХ СТАНКОВ**



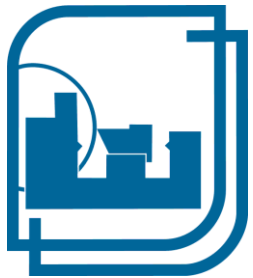
Станина в сборе



● РАЗРАБОТКА ГИДРОСТАТИЧЕСКИХ ОПОРНЫХ УЗЛОВ ДЛЯ СУПОРТОВ ТОКАРНЫХ СТАНКОВ

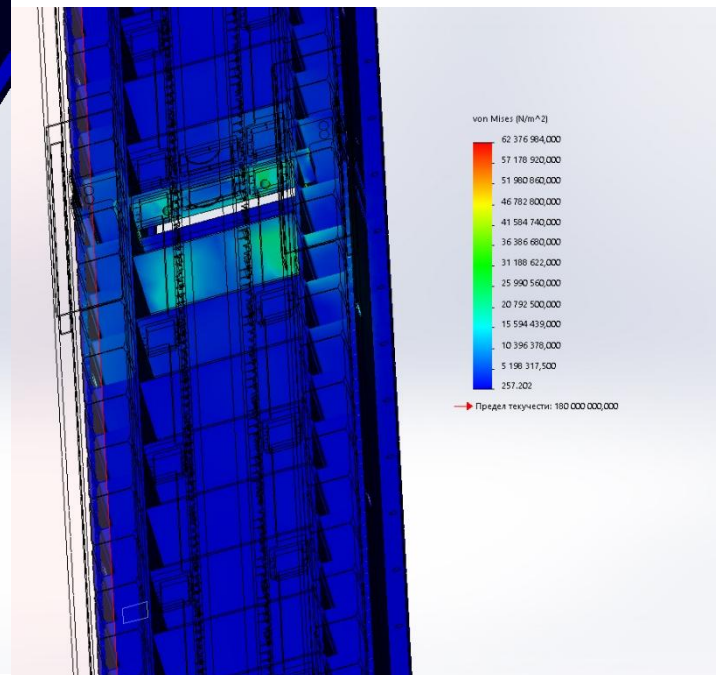
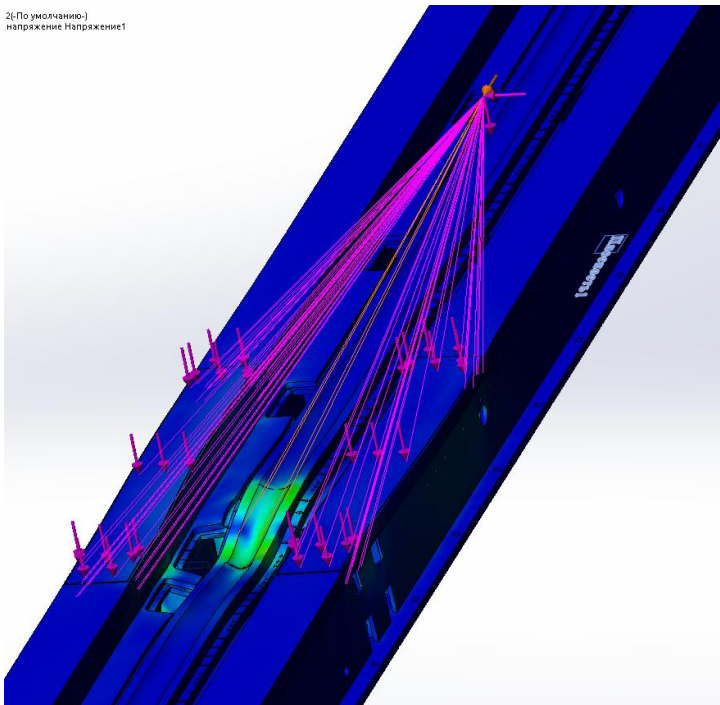


Расположения нагрузок

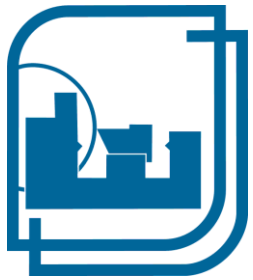


● РАЗРАБОТКА ГИДРОСТАТИЧЕСКИХ ОПОРНЫХ УЗЛОВ ДЛЯ СУПОРТОВ ТОКАРНЫХ СТАНКОВ

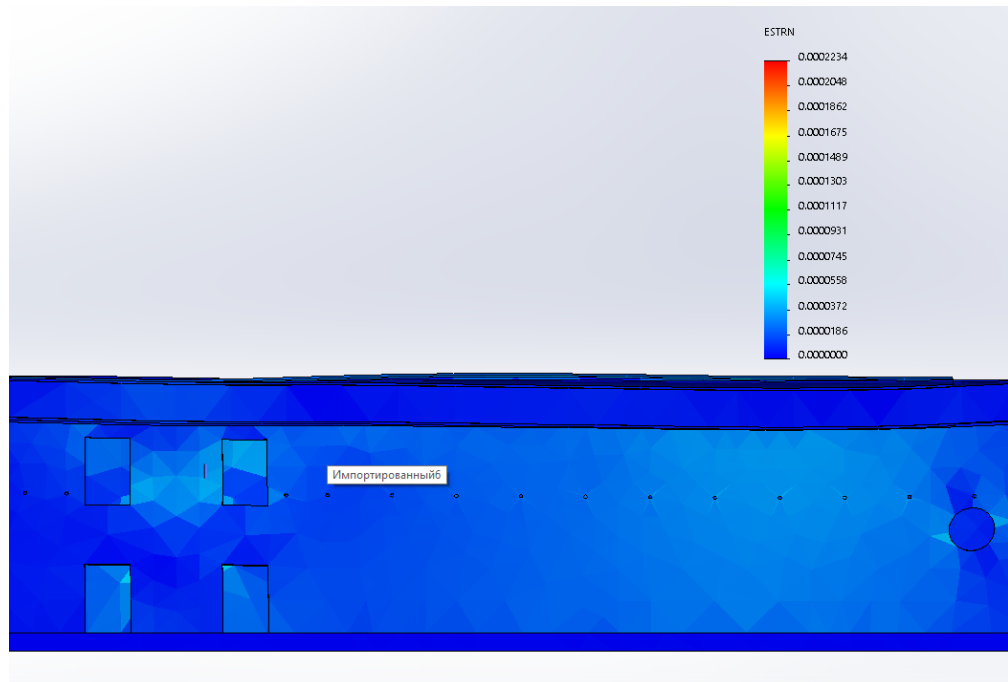
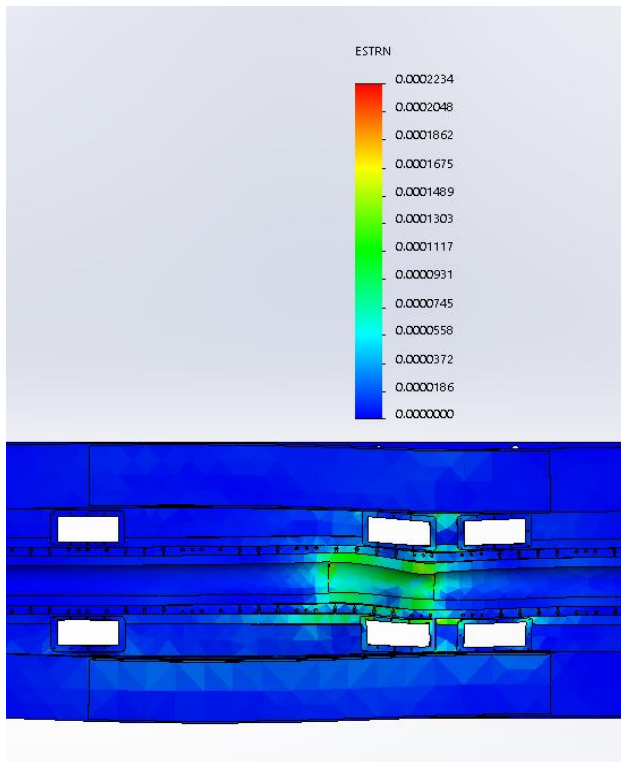
2:(По умолчанию)
напряжение Напряжение1



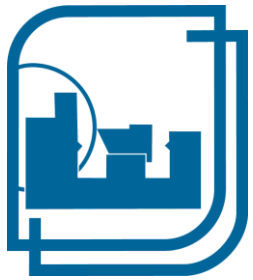
Сечение эпюры напряжения



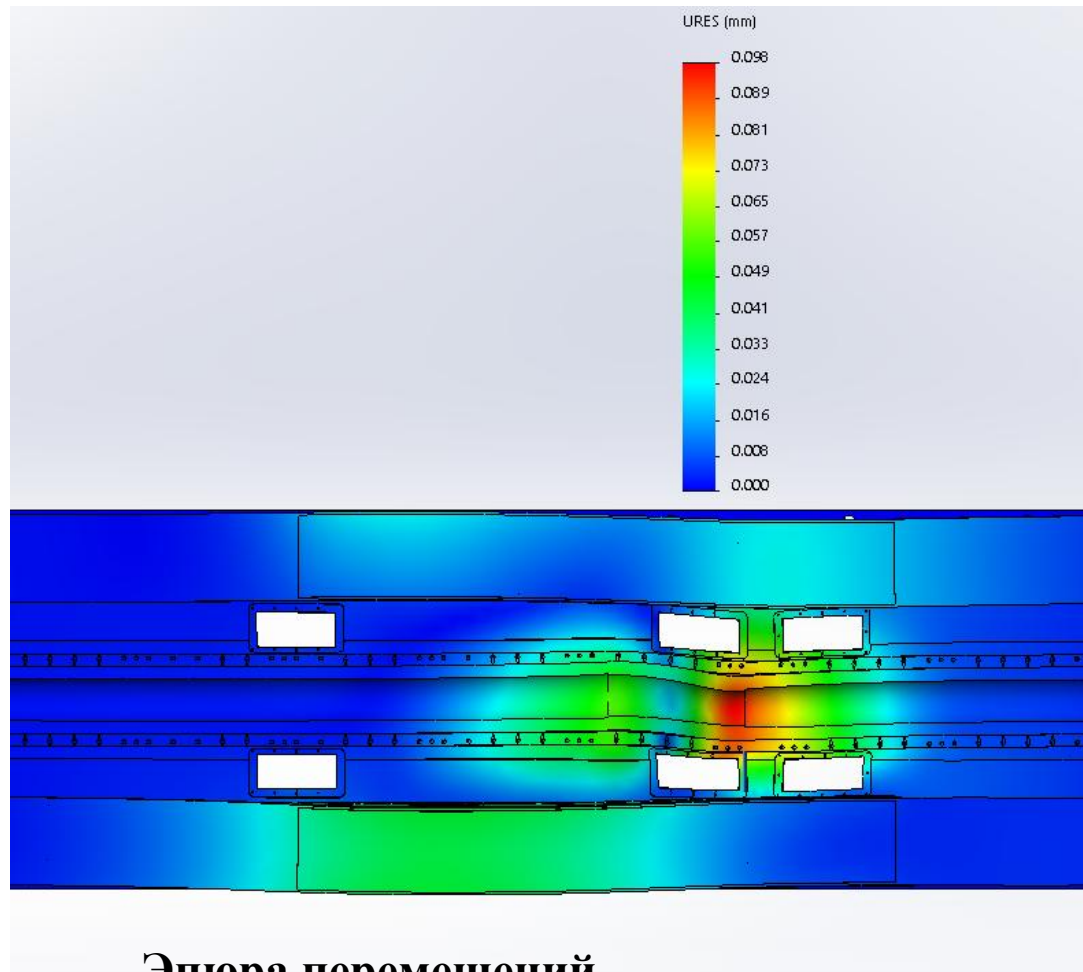
● РАЗРАБОТКА ГИДРОСТАТИЧЕСКИХ ОПОРНЫХ УЗЛОВ ДЛЯ СУППОРТОВ ТОКАРНЫХ СТАНКОВ

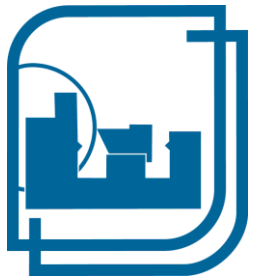


Эпюра статической деформации суппорта

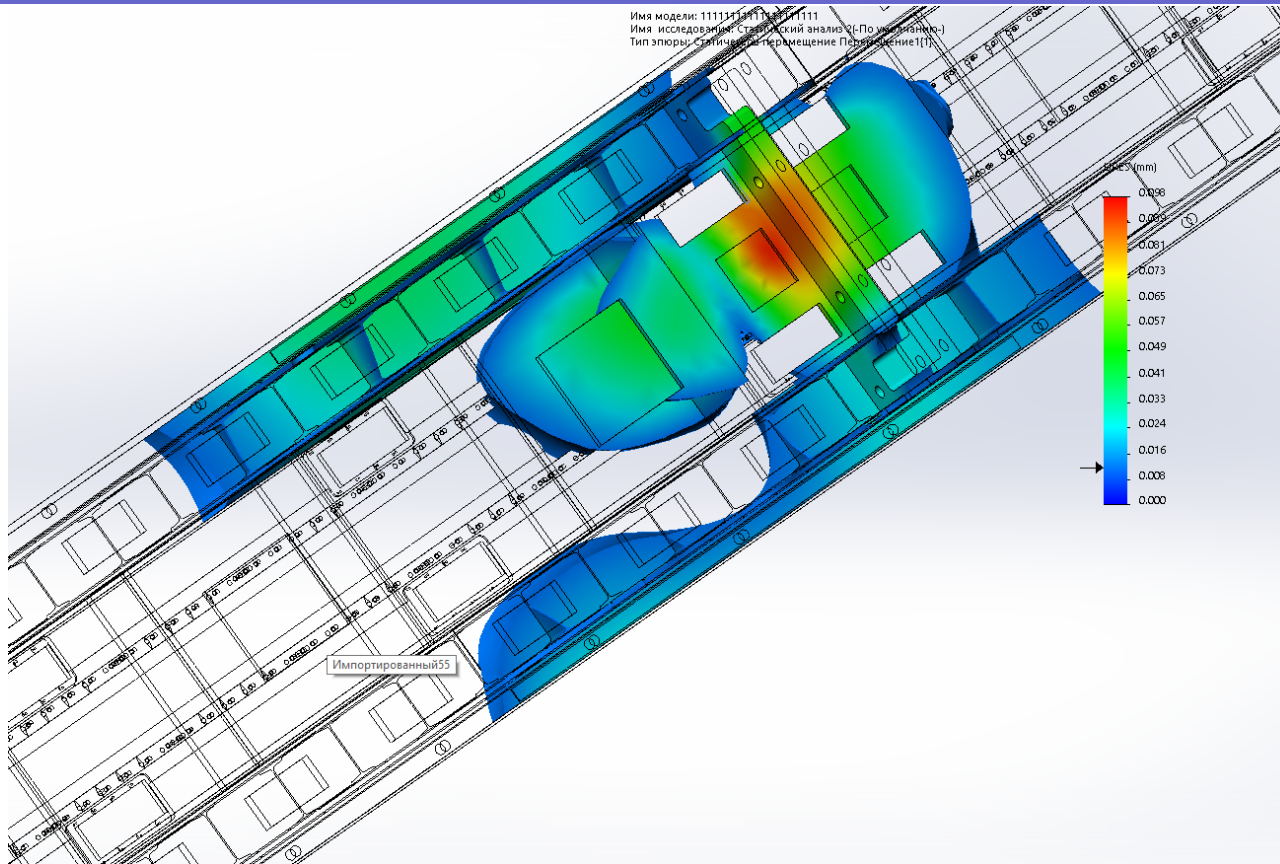


● РАЗРАБОТКА ГИДРОСТАТИЧЕСКИХ ОПОРНЫХ УЗЛОВ ДЛЯ СУПОРТОВ ТОКАРНЫХ СТАНКОВ

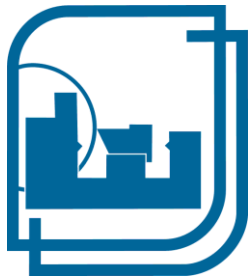




РАЗРАБОТКА ГИДРОСТАТИЧЕСКИХ ОПОРНЫХ УЗЛОВ ДЛЯ СУПОРТОВ ТОКАРНЫХ СТАНКОВ



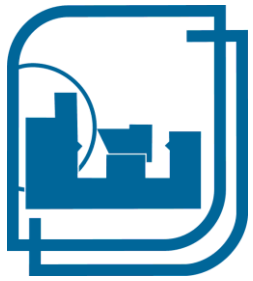
Сечение эпюры по распространение деформации и перемещения



● РАЗРАБОТКА ГИДРОСТАТИЧЕСКИХ ОПОРНЫХ УЗЛОВ ДЛЯ СУППОРТОВ ТОКАРНЫХ СТАНКОВ

ВЫВОДЫ

1. Проанализированы гидростатические опорные узлы тяжёлых станков
2. Разработана методология создания станков на концептуальном уровне
3. Произведено решение гидростатики суппорта на основе решения уравнения Рейнальдса.
4. Спроектирована адаптивная система управления суппортом произведён статический анализ станины и суппорта в Solidworks simulation.
5. Посчитана организационно экономическая часть и охрана труда.



- РАЗРАБОТКА ГИДРОСТАТИЧЕСКИХ ОПОРНЫХ УЗЛОВ ДЛЯ СУППОРТОВ ТОКАРНЫХ СТАНКОВ

Благодарю за внимание