

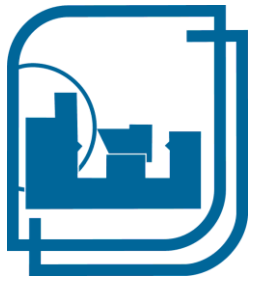
РАЗРАБОТКА АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ МНОГОЦЕЛЕВОГО ТЯЖЕЛОГО СТАНКА

**ДОНБАССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ
МАШИНОСТРОИТЕЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ**



РАЗРАБОТКА АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ МНОГОЦЕЛЕВОГО ТЯЖЕЛОГО СТАНКА

Магистр: Саенко М.А., гр. МС 09-1м
Руководитель: профессор, д.т.н. Ковалёв В.Д.

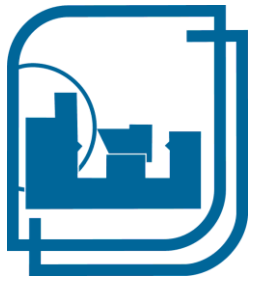


РАЗРАБОТКА АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ МНОГОЦЕЛЕВОГО ТЯЖЕЛОГО СТАНКА

Цель работы: данной работы является повышение эффективности работы тяжелых станков за счет разработки системы адаптивного управления процессом резания.

Объектом исследования является процесс резания на тяжелом токарном станке.

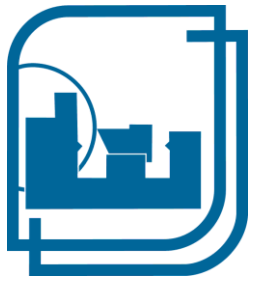
Предметом исследования является оптимальное управление процессом резания в системе адаптивного управления.



РАЗРАБОТКА АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ МНОГОЦЕЛЕВОГО ТЯЖЕЛОГО СТАНКА

Задачи исследования:

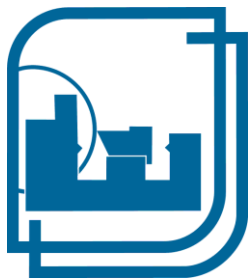
- Проанализировать существующие конструкции многоцелевых станков, методы адаптивного управления станками.
- Разработать методы и структурные схемы системы оптимального управления скорости подачи по усилию резания
- Создать модели для оптимального управления процессом резания на тяжелом станке.
- Разработать систему адаптивного управления тяжелым токарным станком с мехатронными узлами для регулирования скорости подачи.
- Проанализировать условия и режимы обработки деталей тяжелого машиностроения в производственных условиях.



РАЗРАБОТКА АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ МНОГОЦЕЛЕВОГО ТЯЖЕЛОГО СТАНКА

Научная новизна:

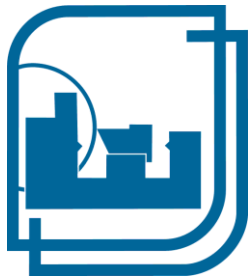
- Выявлены закономерности эксплуатации тяжелых станков с режимными параметрами.
- Созданы законы управления процессом резания на тяжелых станках, обеспечивающие максимальную производительность при минимальной себестоимости.
- Разработана мехатронная система адаптивного регулирования скорости подачи тяжелого токарного станка



РАЗРАБОТКА АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ МНОГОЦЕЛЕВОГО ТЯЖЕЛОГО СТАНКА

Практическая ценность:

- Разработан мехатронный узел и управляющая программа оптимального регулирования скорости подачи многоцелевого тяжелого станка
- Произведена оптимизация режимов резания по критерию производительности, определены оптимальные режимы резания.
- Разработана структурная схема системы оптимального управления скоростью подачи по усилию резания, позволяющая повысить производительность черновой обработки.



Токарный сверлильно-фрезерный, расточный станок GGTronic
**РАЗРАБОТКА АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ
МНОГОЦЕЛЕВОГО ТЯЖЕЛОГО СТАНКА**

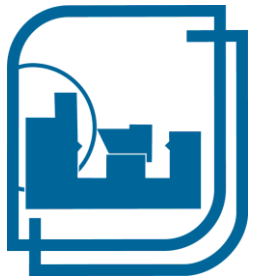
Аналитический обзор

Токарный станок с ЧПУ TRENS
SBL 700 CNC



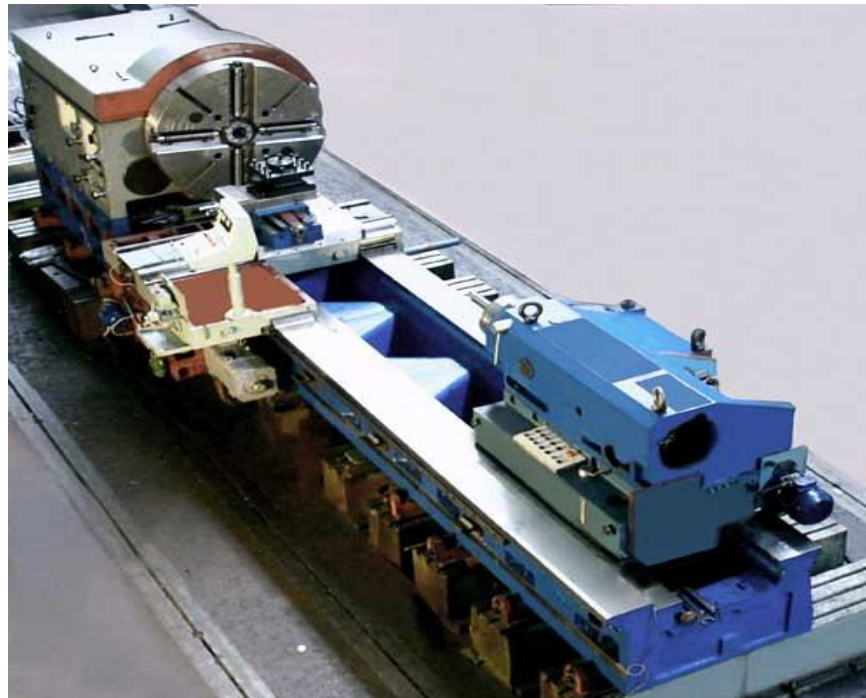
Токарный сверлильно-
фрезерный, расточный станок
GGTronic

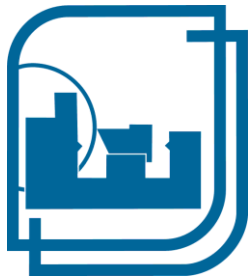




РАЗРАБОТКА АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ МНОГОЦЕЛЕВОГО ТЯЖЕЛОГО СТАНКА

Универсальный тяжелый токарный станок
модели 1М660.03



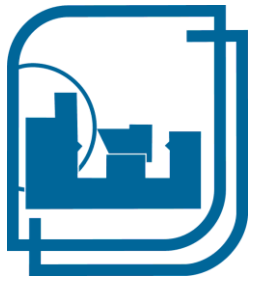


РАЗРАБОТКА АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ МНОГОЦЕЛЕВОГО ТЯЖЕЛОГО СТАНКА

Методы адаптивного управления

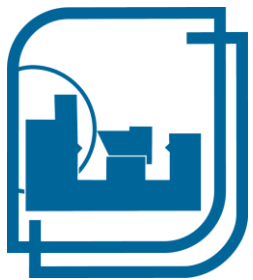
Опыт эксплуатации различных станков с системой адаптивного управления (САУ) выявили следующие возможности:

- Повысить точность обработки деталей за счет сокращения мгновенного поля рассеяния ωT от 2 до 5 раз и более по размерам, так и по форме, стабилизируя качество.
- Повысить качество поверхностного слоя обрабатываемых деталей (сокращение прижогов, получения необходимого знака напряжения и т.п.).
- Увеличить производительность обработки от 30 до 200%.
- Увеличить производительность обработки деталей на следующей Операции



РАЗРАБОТКА АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ МНОГОЦЕЛЕВОГО ТЯЖЕЛОГО СТАНКА

- Оптимизировать технологический процесс обработки и тем самым повысить технико – экономические показатели
- Упростить, а значит, и удешевить разработку программ и сократить время разработки для станков с программным управлением и многооперационные станками
- Сократить затраты на инструмент и оборудование.



РАЗРАБОТКА АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ МНОГОЦЕЛЕВОГО ТЯЖЕЛОГО СТАНКА

Методики ускоренных испытаний

Модель процесса трения
при резании

1 – обрабатываемый материал;
2 – твердосплавная пластина.

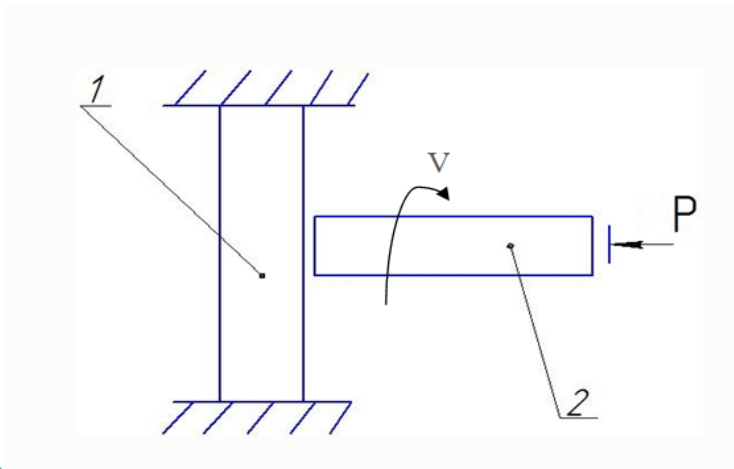
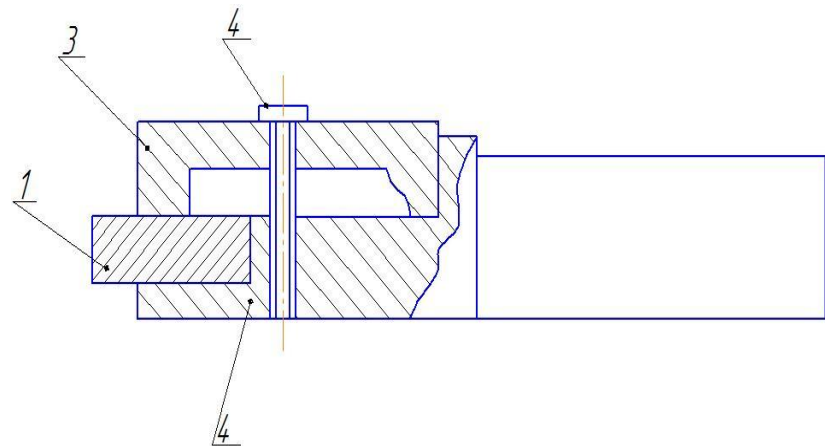
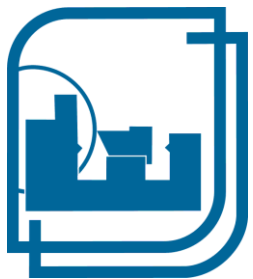


Схема затупления
твердосплавной
пластины

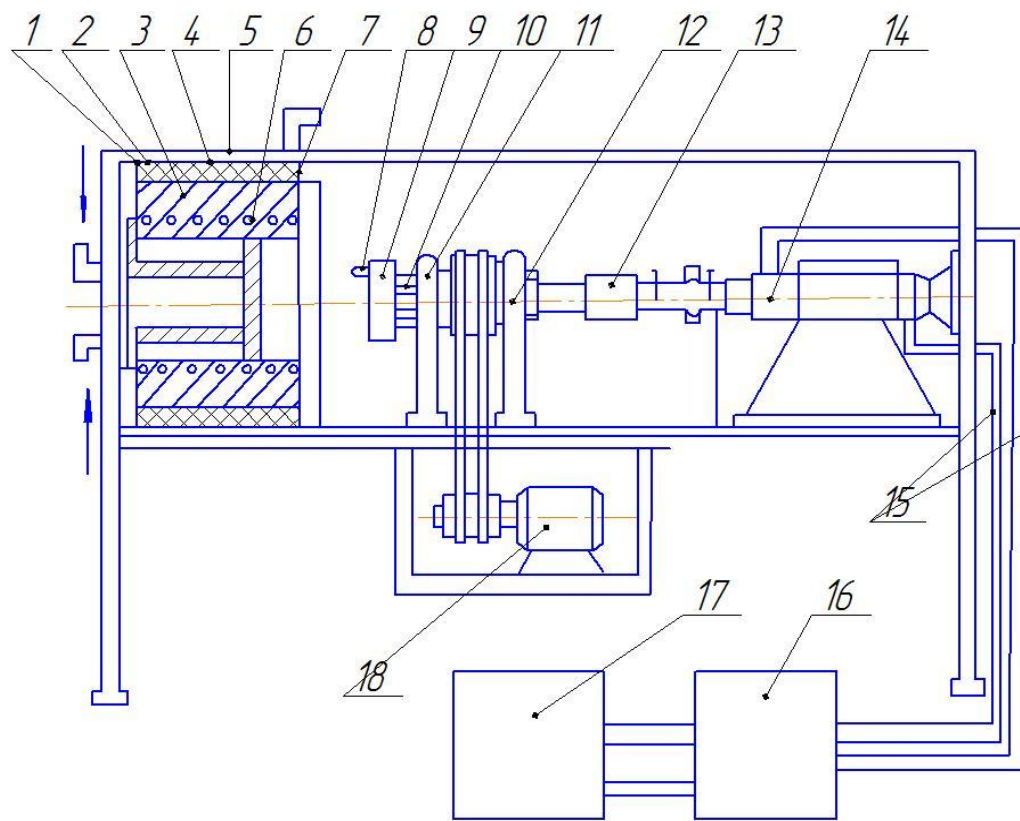
1 – твердосплавная пластина; 2 –
державка; 3 – прихват; 4 – винт.





РАЗРАБОТКА АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ МНОГОЦЕЛЕВОГО ТЯЖЕЛОГО СТАНКА

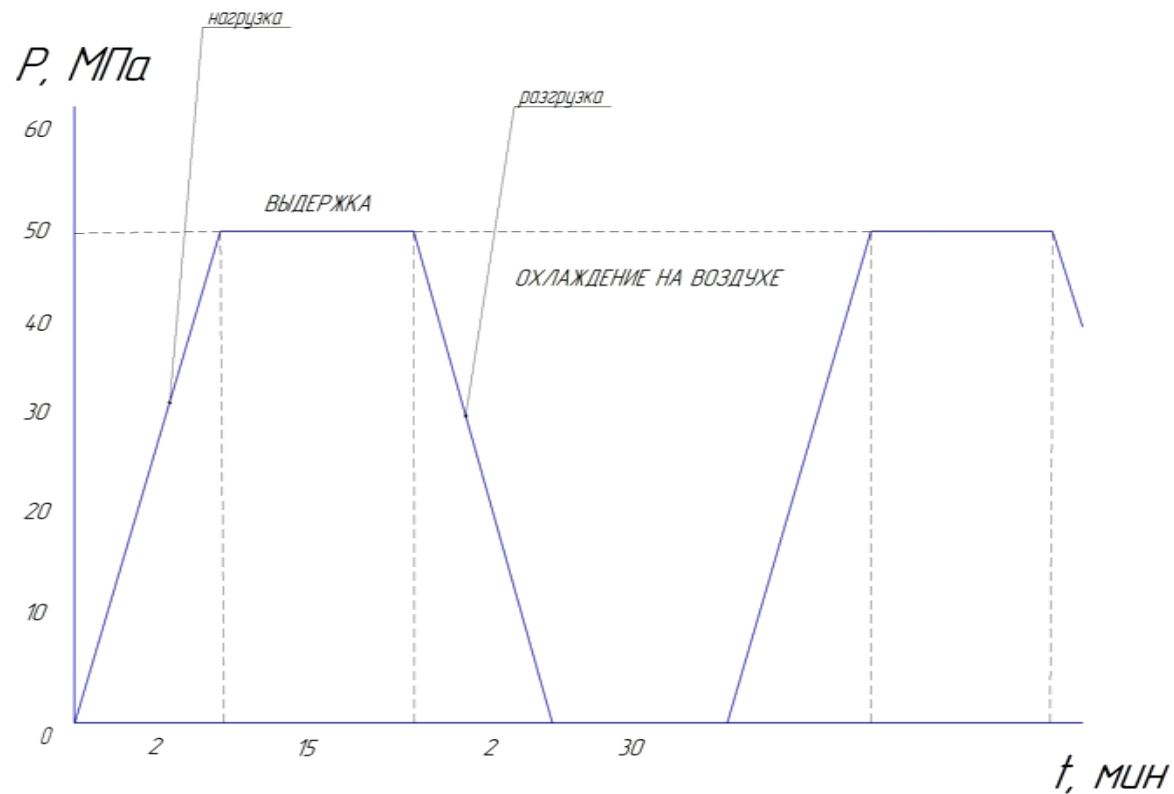
Схема экспериментальной установки

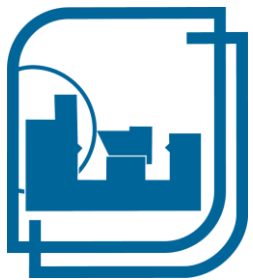




РАЗРАБОТКА АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ МНОГОЦЕЛЕВОГО ТЯЖЕЛОГО СТАНКА

Цикличность испытаний

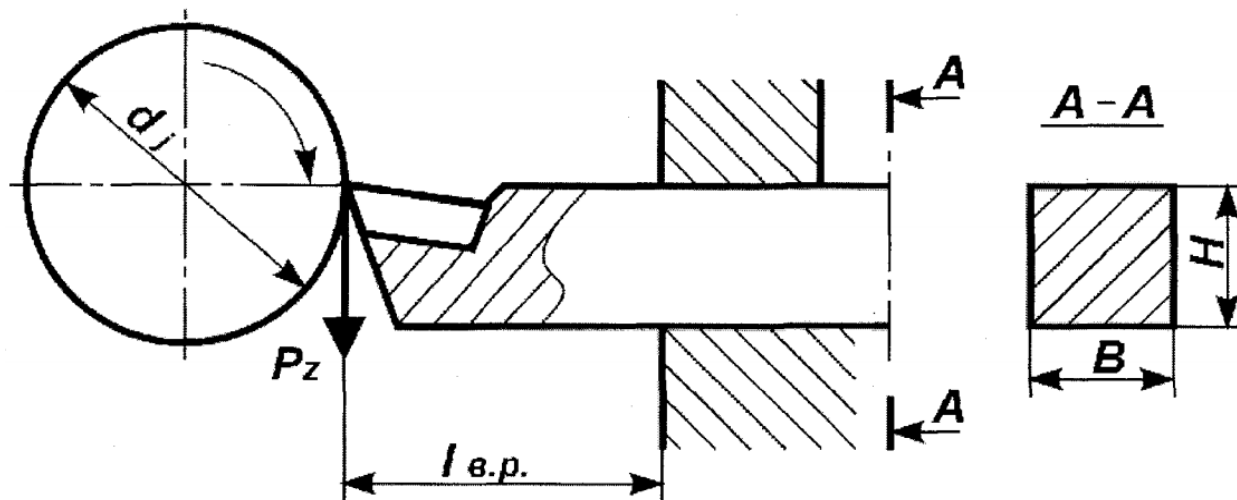


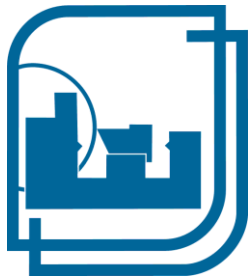


РАЗРАБОТКА АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ МНОГОЦЕЛЕВОГО ТЯЖЕЛОГО СТАНКА

Создание законов управления адаптивной системы на основе оптимизации режимов резания

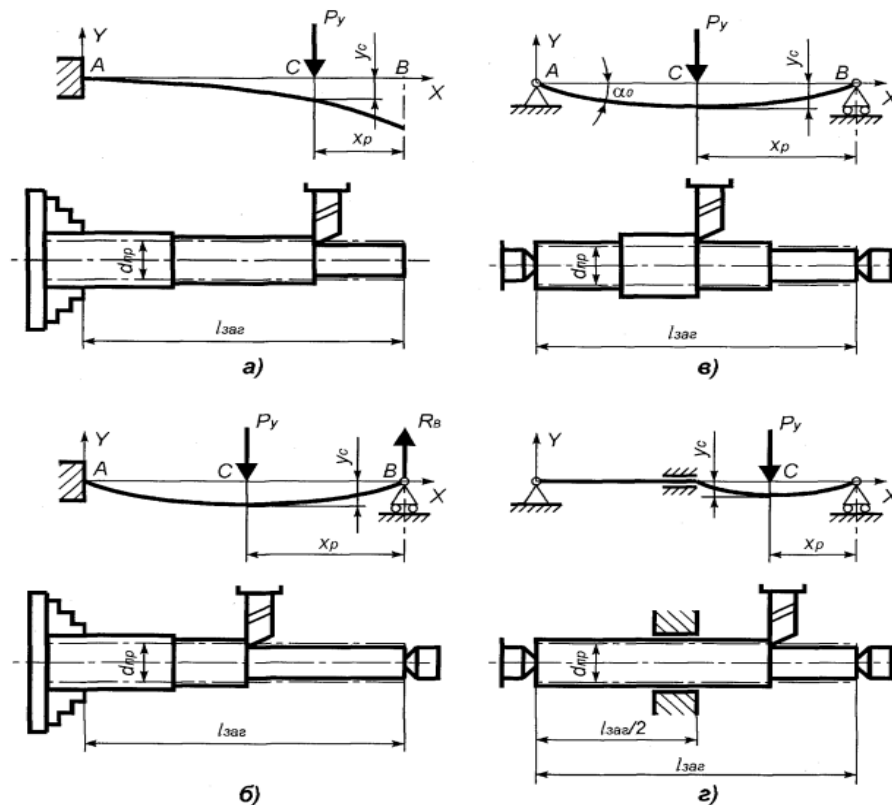
Схема нагружения резца

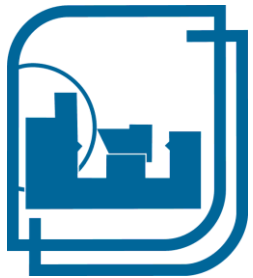




РАЗРАБОТКА АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ МНОГОЦЕЛЕВОГО ТЯЖЕЛОГО СТАНКА

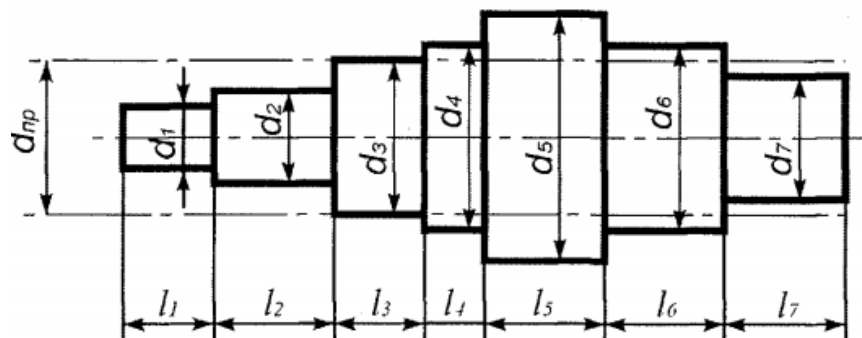
Схема способов базирования и закрепления деталей ,обрабатываемых
на токарных станках



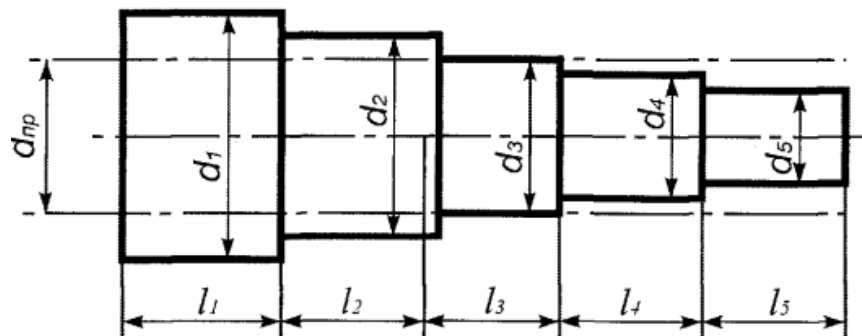


РАЗРАБОТКА АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ МНОГОЦЕЛЕВОГО ТЯЖЕЛОГО СТАНКА

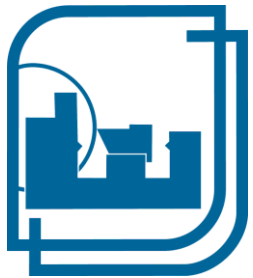
Виды ступенчатых валов



a)



б)



РАЗРАБОТКА АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ МНОГОЦЕЛЕВОГО ТЯЖЕЛОГО СТАНКА

Механизм возникновения
микронеровностей

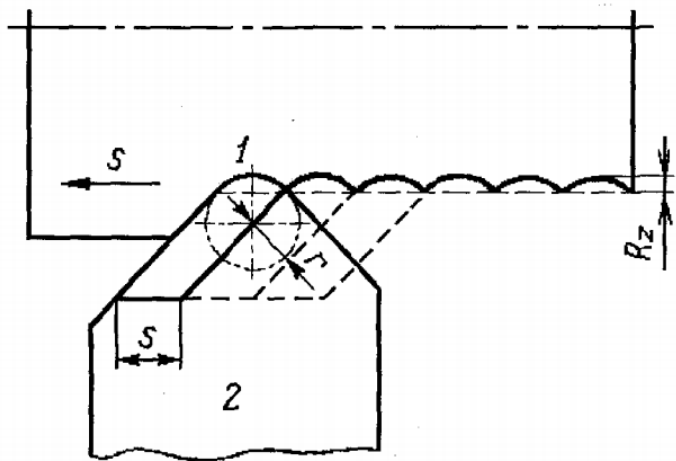
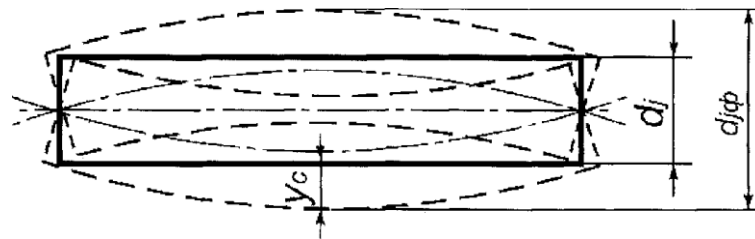
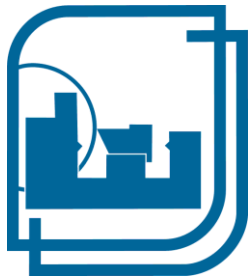


Схема деформации детали во время
обработки

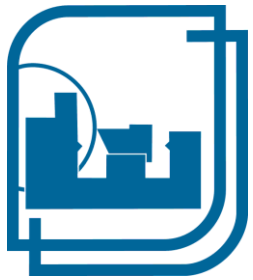




РАЗРАБОТКА АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ МНОГОЦЕЛЕВОГО ТЯЖЕЛОГО СТАНКА

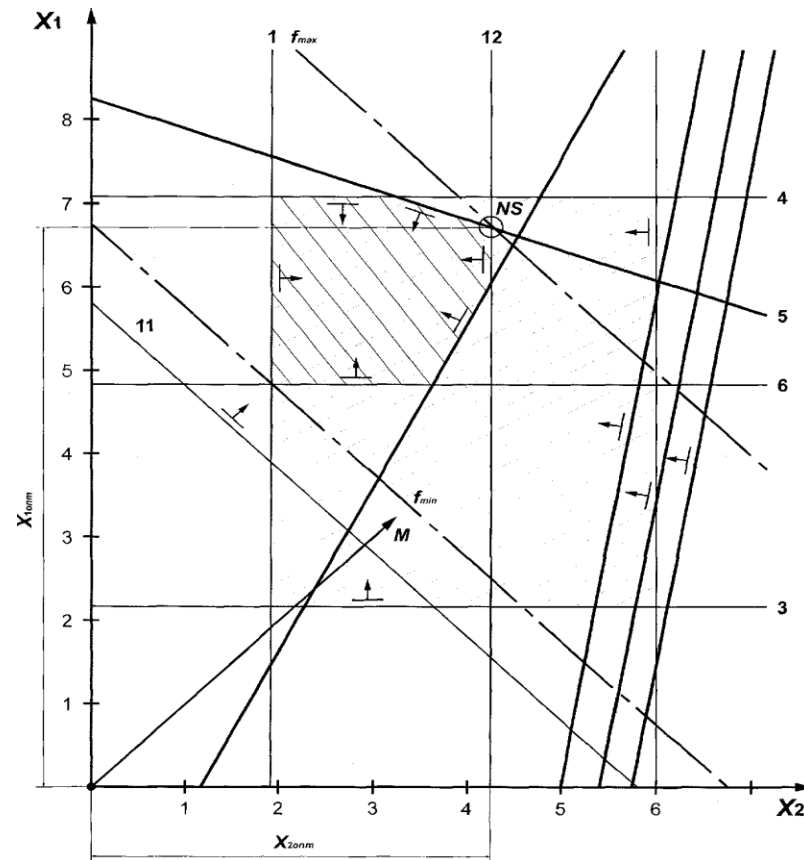
Система технологических ограничений и уравнений целевой функции

$$W \left\{ \begin{array}{l} S \geq S_{cm \min} \\ S \leq S_{cm \max} \\ n \geq n_{cm \min} \\ n \leq n_{cm \max} \\ nS^{0.35} \leq \frac{1000(A - kE_{np})}{\pi d T^{0.2} t^{0.15} E_{np}^z} \\ n \geq \frac{318V_{техн}}{d} \\ n^{-0.15} S^{0.75} \leq \frac{102 \cdot 60 \pi^{0.15} d^{0.15} N_H \eta}{1000^{0.15} (A_z + k_z E_{np}) t^1} \\ n^{-0.15} S^{0.75} \leq \frac{\pi^{0.15} d^{0.15} \sigma_u B H^2}{6 \cdot 1000^{0.15} (A_z + k_z E_{np}) t^1 I_{в.п.} K_{3.п.}} \\ n^{-0.15} S^{0.75} \leq \frac{250 \pi^{0.15} d^{0.15} B H^2}{1000^{0.15} I_{в.п.}^3 (A_z + k_z E_{np}) t^1} \\ n^{-0.3} S^{0.6} \leq \frac{0.15 \pi^{1.3} d^{0.3} d_{np}^4 \Delta (1 - K_{np}^4)}{64 \cdot 1000^{0.3} (A_y + k_y E_{np}) t^1} \\ nS \geq \frac{I_{п.х.} R}{60 K_s r_R - T_{в.н.} R} \\ S \leq 0.07 \sqrt{R_z \cdot r} \\ nS \rightarrow \max \end{array} \right.$$



РАЗРАБОТКА АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ МНОГОЦЕЛЕВОГО ТЯЖЕЛОГО СТАНКА

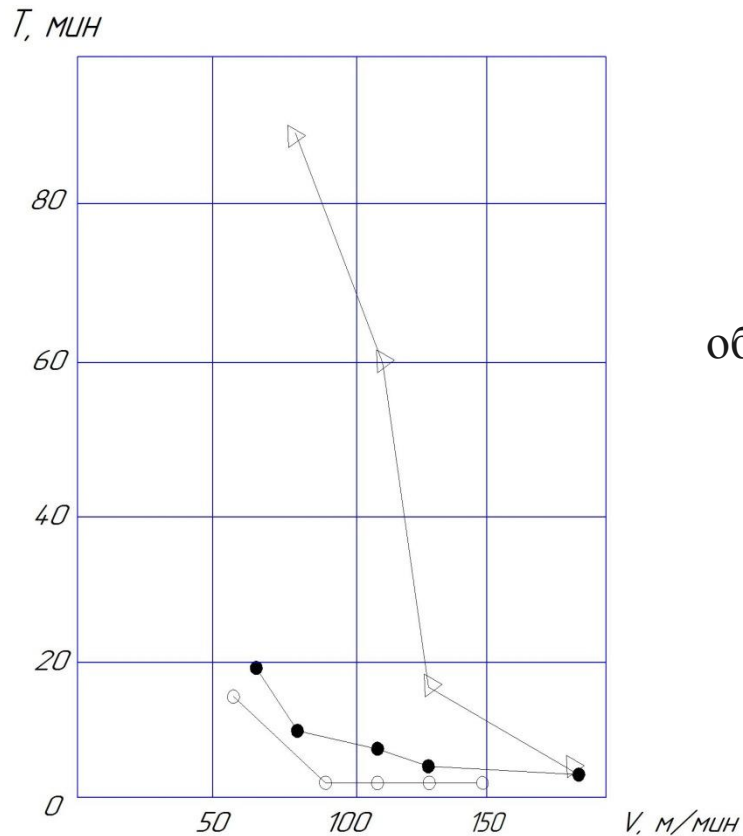
Математическая модель оптимального режима резания при
токарной обработке.



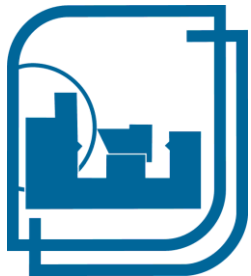


РАЗРАБОТКА АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ МНОГОЦЕЛЕВОГО ТЯЖЕЛОГО СТАНКА

Зависимость стойкости от
скорости резания.

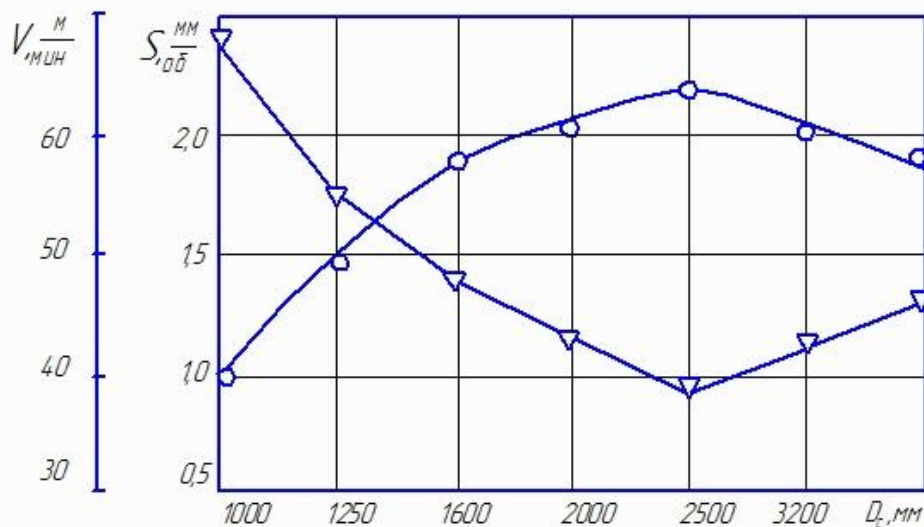


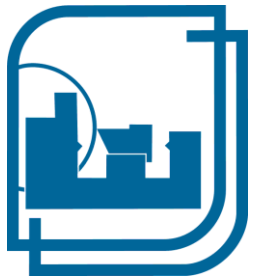
1 – сплав ВК8,
2 – ВК8+NbCN,
3 – ВК8+TiC+TiCN+TiN (
обрабатываемый материал – сталь 45,
 $t=0.5$ мм, $S=0.2$ мм/об)



РАЗРАБОТКА АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ МНОГОЦЕЛЕВОГО ТЯЖЕЛОГО СТАНКА

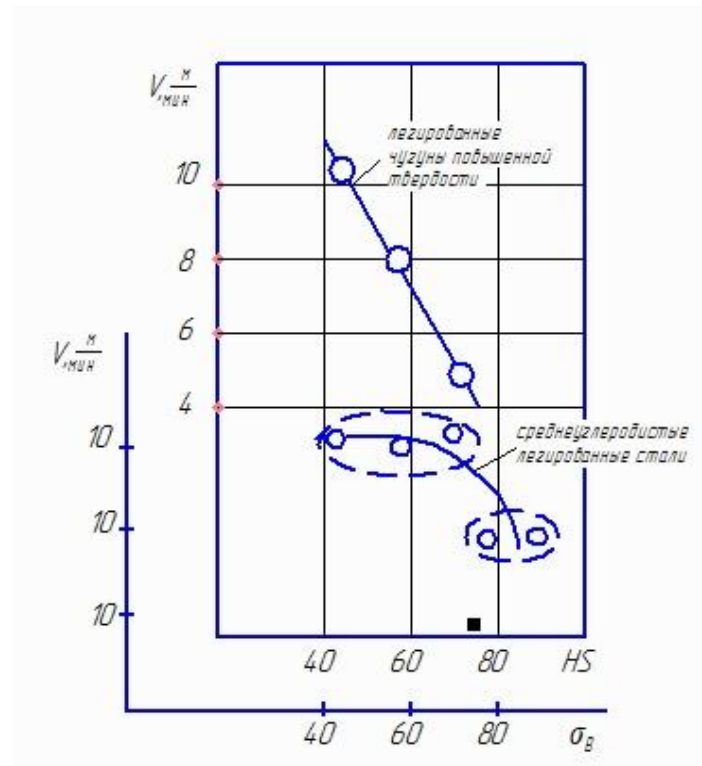
Зависимость оптимальных режимов резания от
типоразмера станка (сталь НВ210, Т5К10, $t = 15\text{мм}$)

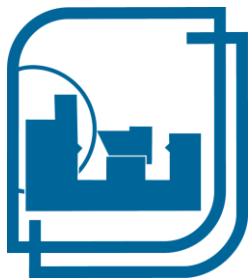




РАЗРАБОТКА АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ МНОГОЦЕЛЕВОГО ТЯЖЕЛОГО СТАНКА

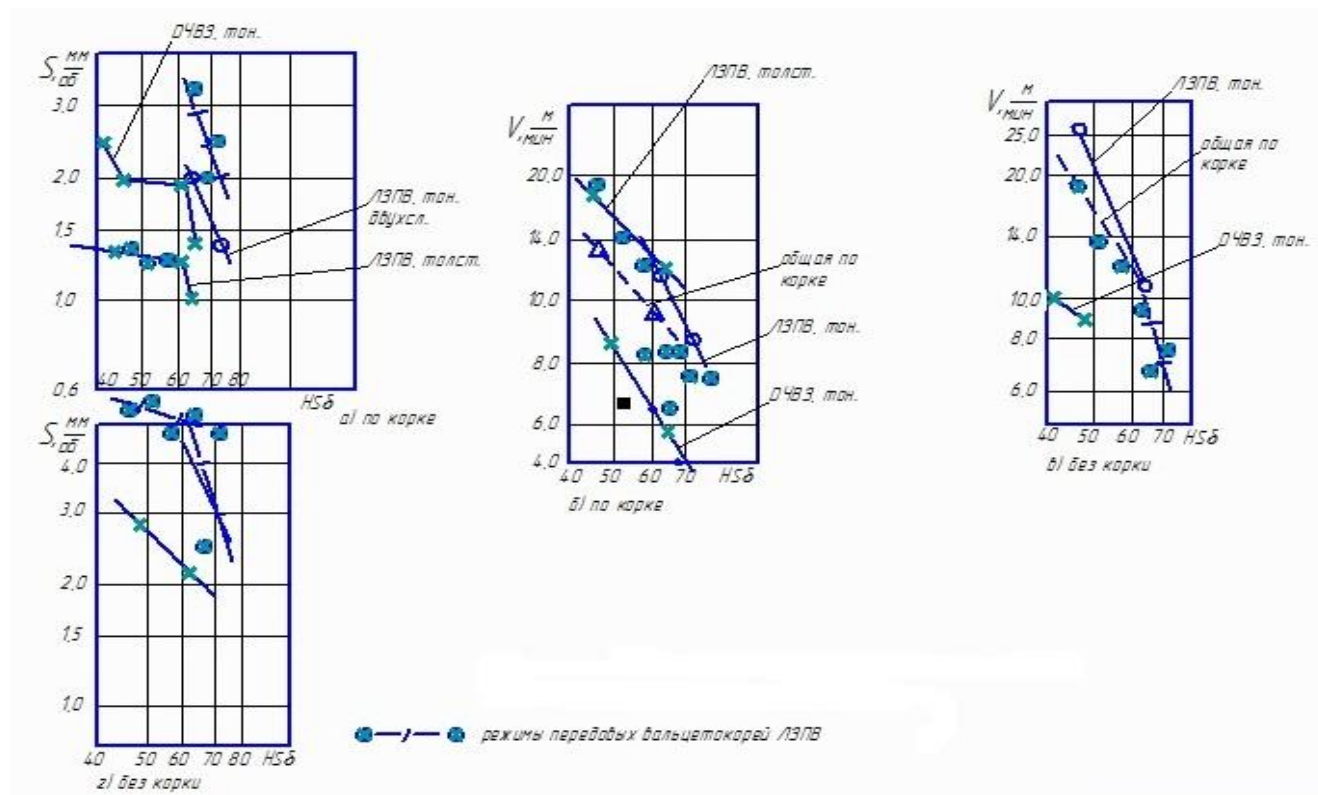
Корреляционная связь скорости резания с
прочностью обрабатываемого материала

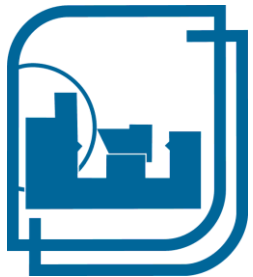




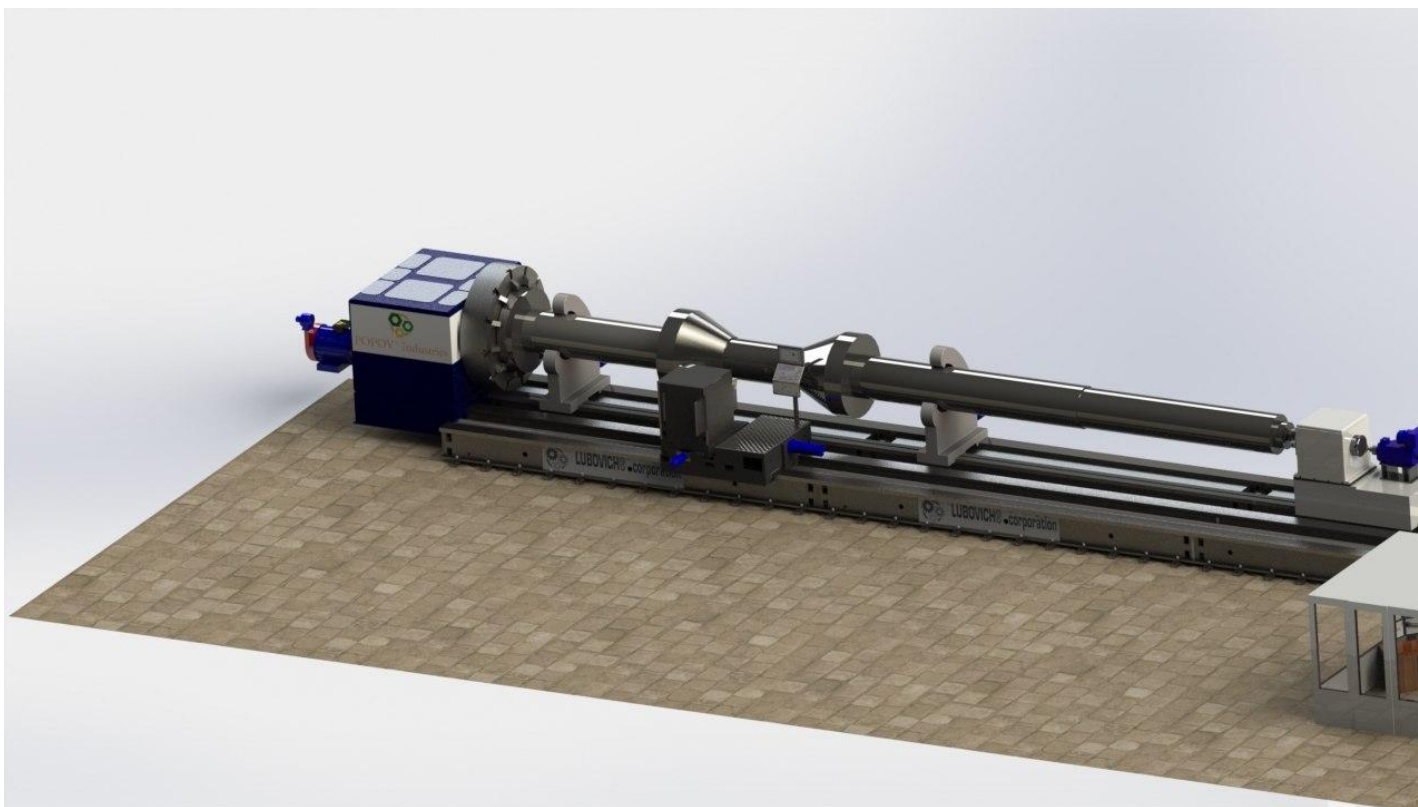
РАЗРАБОТКА АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ МНОГОЦЕЛЕВОГО ТЯЖЕЛОГО СТАНКА

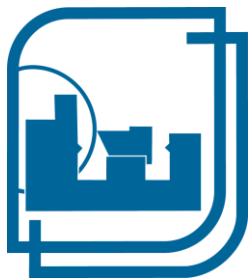
Корреляционная связь подачи с твердостью легированного чугуна
по двум заводам и исследование институтов





РАЗРАБОТКА АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ МНОГОЦЕЛЕВОГО ТЯЖЕЛОГО СТАНКА

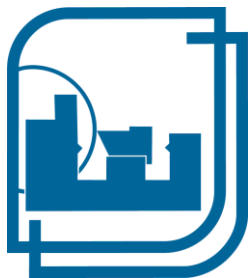




РАЗРАБОТКА АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ МНОГОЦЕЛЕВОГО ТЯЖЕЛОГО СТАНКА

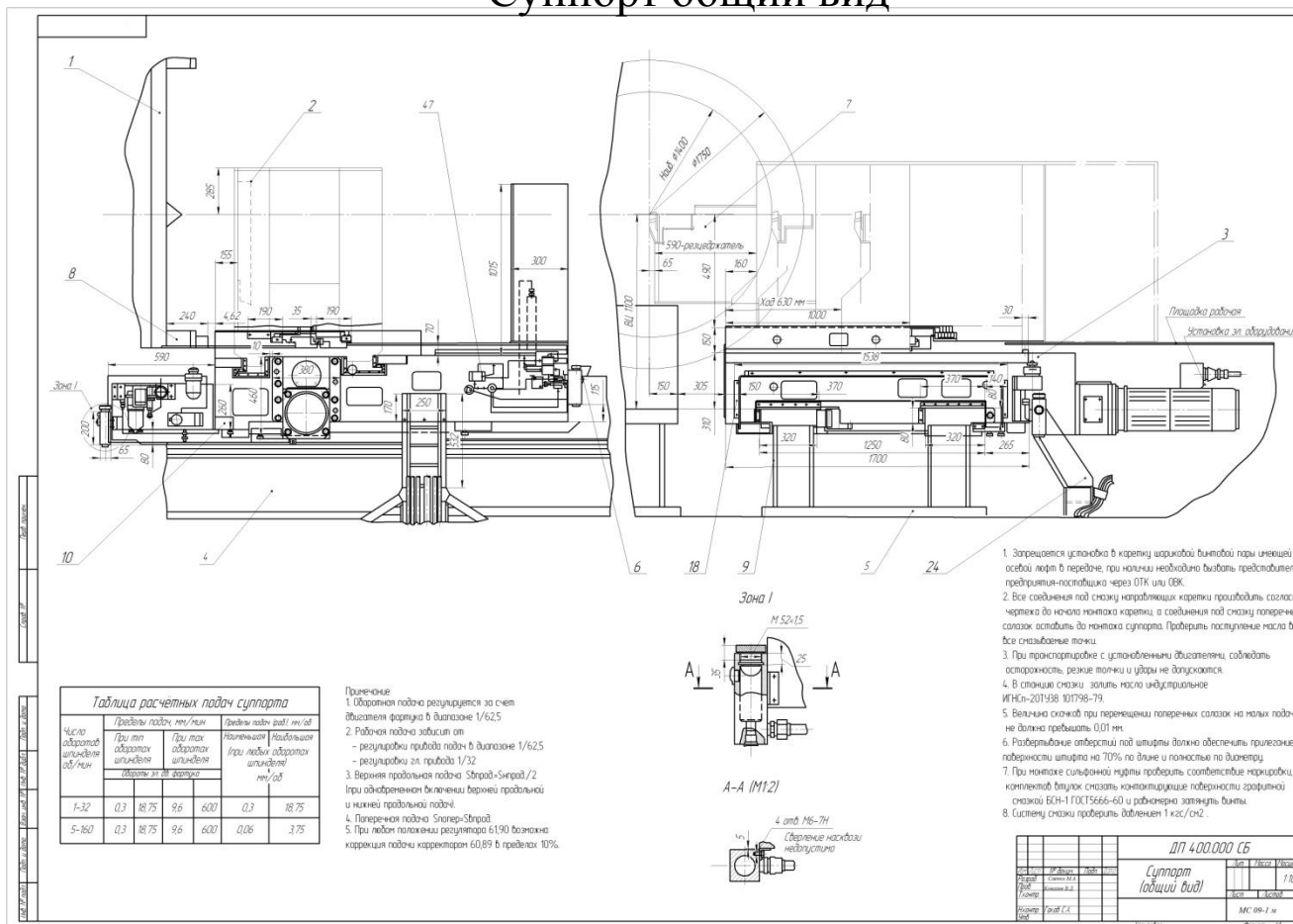
Техническая характеристика станка модели 1K675.500ФЗ

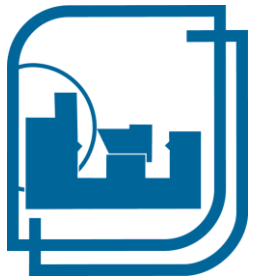
Наименование характеристики	Значение
Габариты станка, мм	
длина	23 110
ширина	3 160
высота	6 020
Межцентровое расстояние, мм	12 500
Наибольший диаметр обрабатываемой поверхности над станиной, мм	2 550
Наибольший диаметр обрабатываемой поверхности над суппортом, мм	1 850
Скорость вращения шпинделя, мин-1	1 - 160
Тип системы ЧПУ (по согласованию с заказчиком)	<u>Sinumerik 840D</u>
Количество одновременно управляемых координат	2
Макс. вес обрабатываемой заготовки (с установкой в центрах), кг	100 000



РАЗРАБОТКА АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ МНОГОЦЕЛЕВОГО ТЯЖЕЛОГО СТАНКА

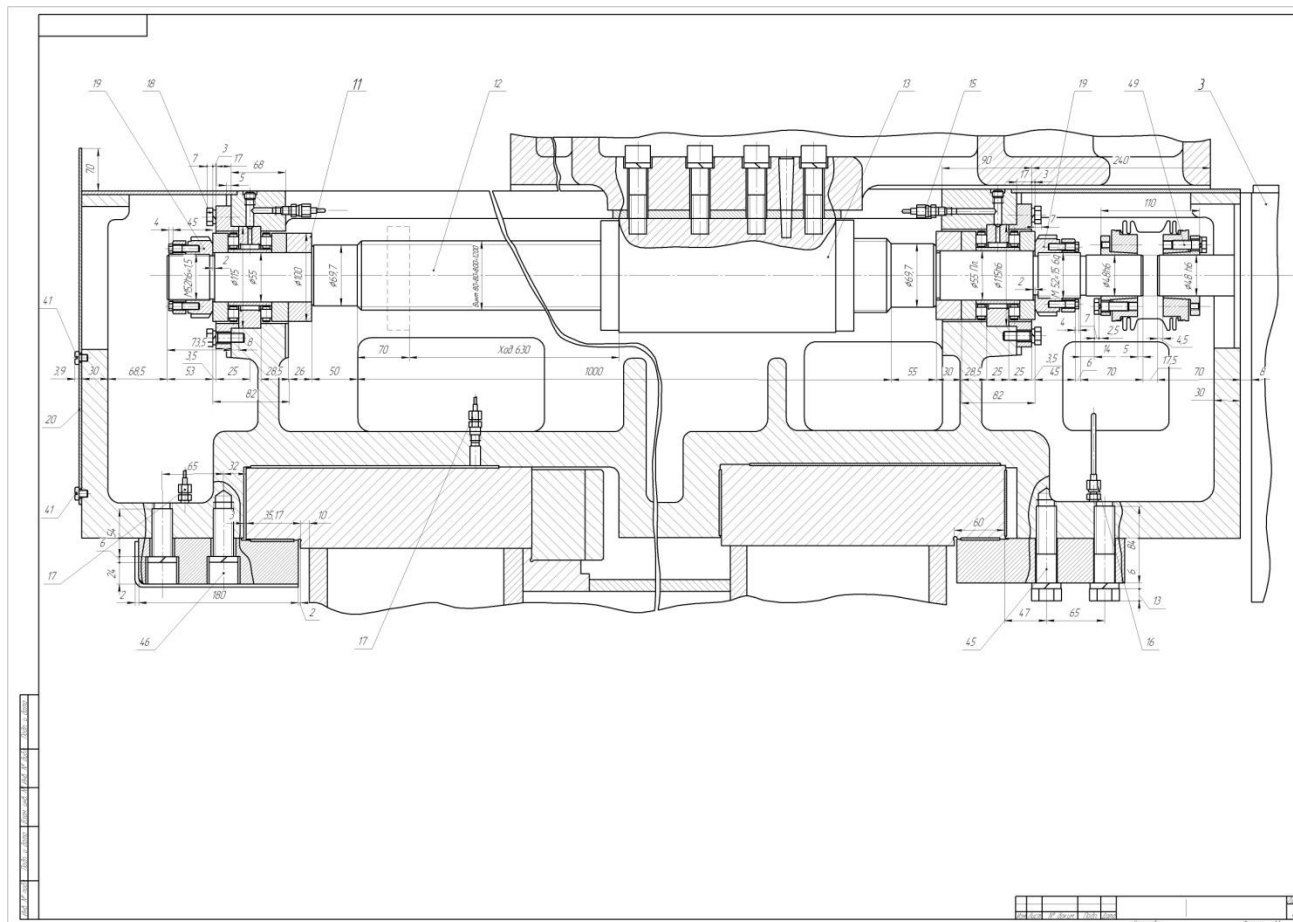
Суппорт общий вид



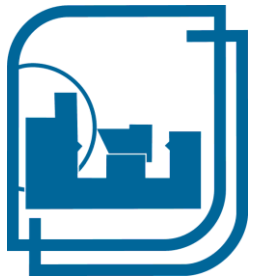


РАЗРАБОТКА АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ МНОГОЦЕЛЕВОГО ТЯЖЕЛОГО СТАНКА

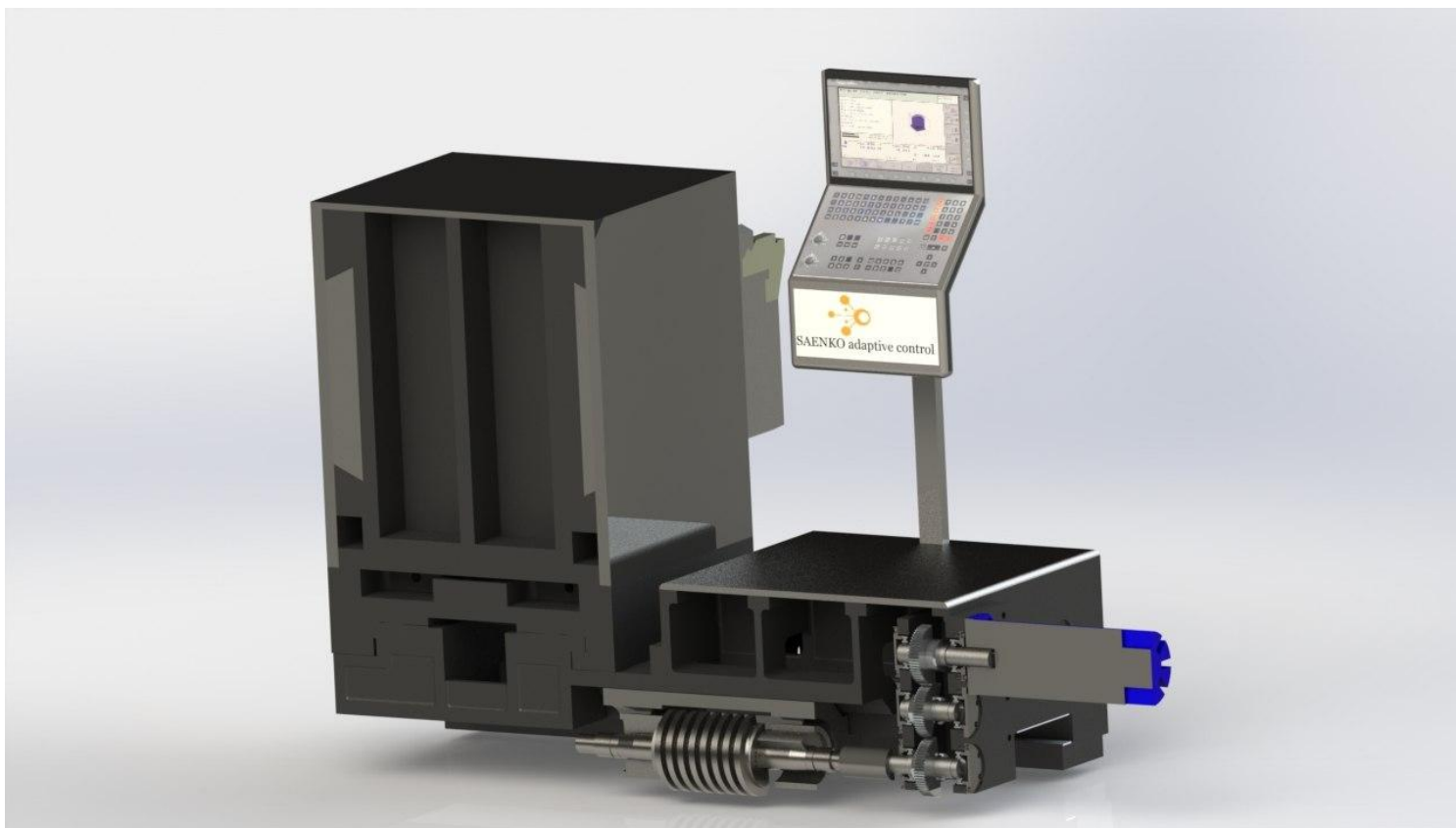
Суппорт (разрез по винту)

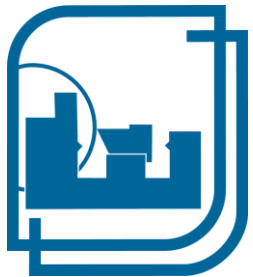




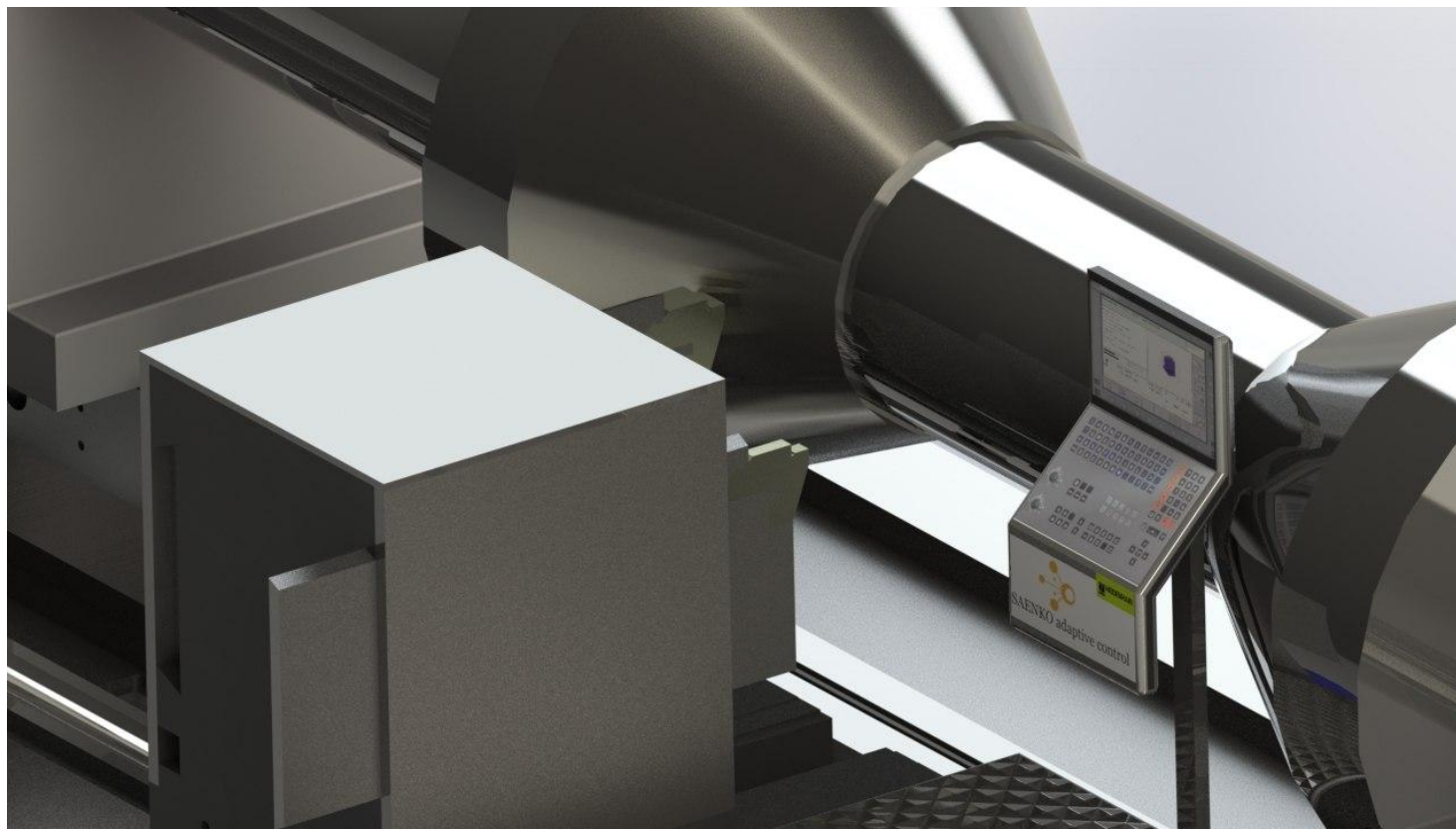


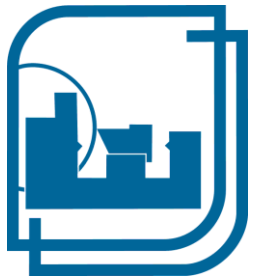
РАЗРАБОТКА АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ МНОГОЦЕЛЕВОГО ТЯЖЕЛОГО СТАНКА



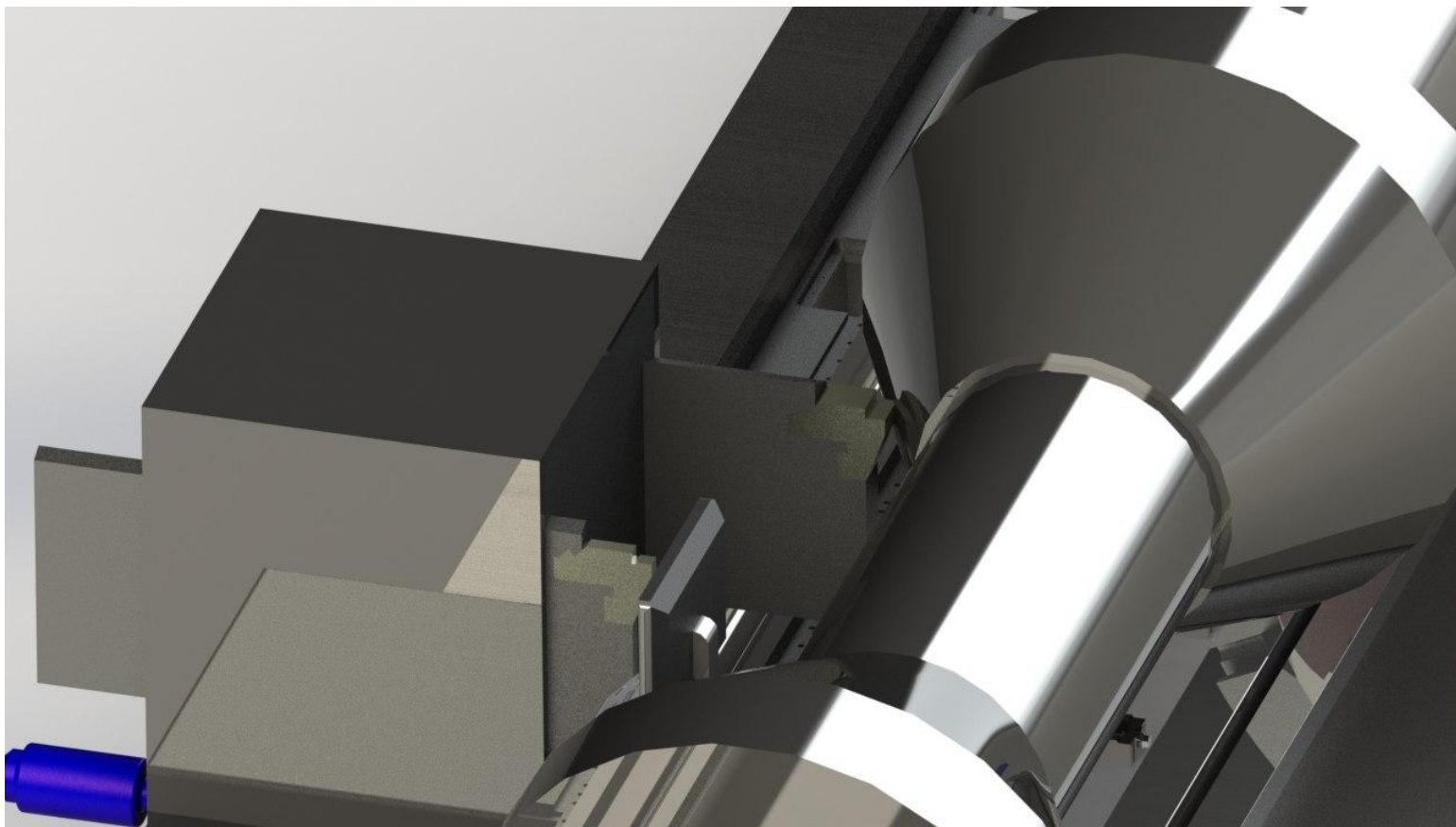


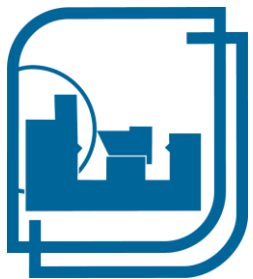
РАЗРАБОТКА АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ МНОГОЦЕЛЕВОГО ТЯЖЕЛОГО СТАНКА



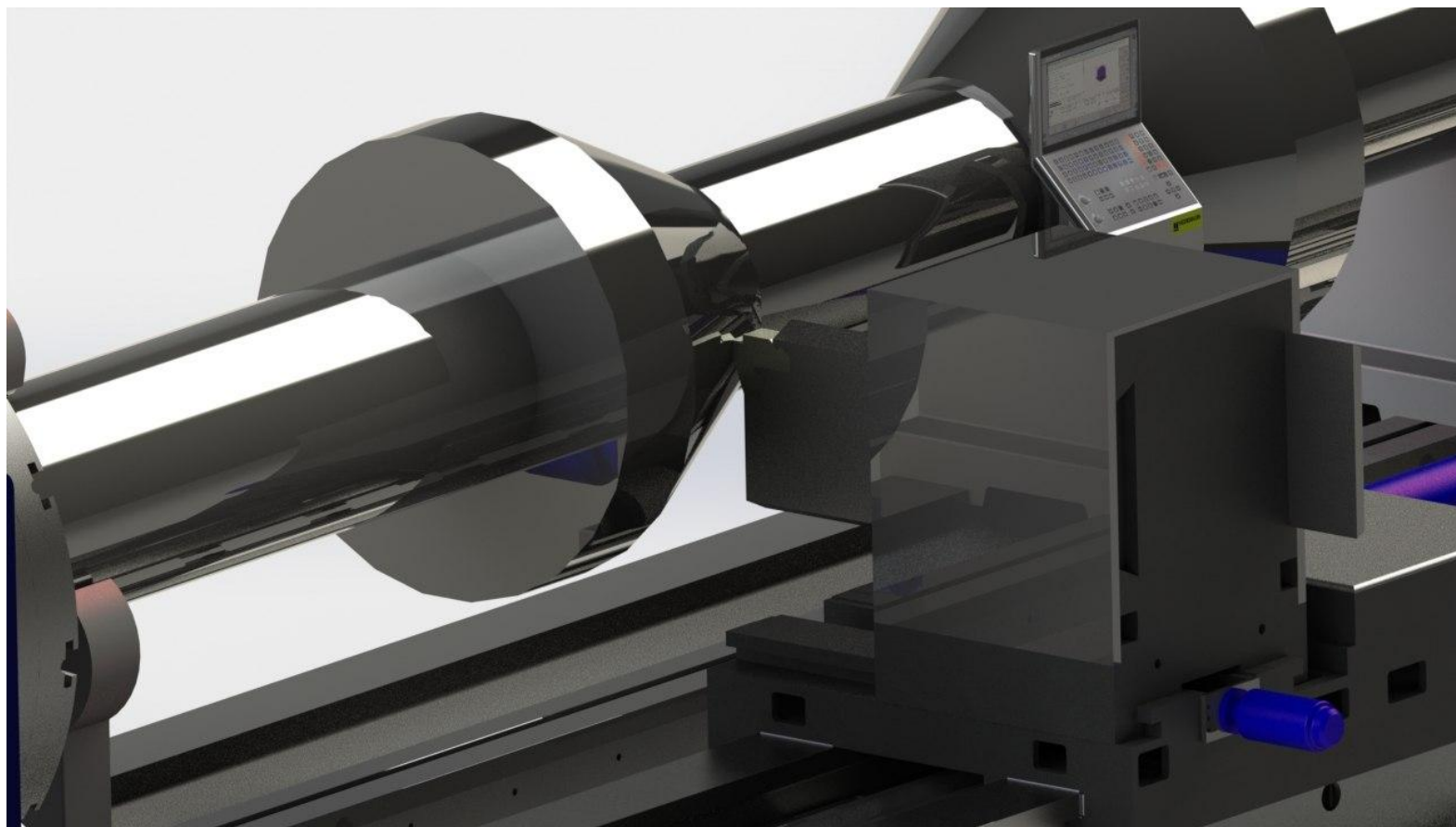


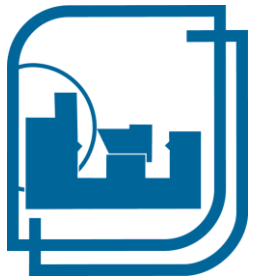
РАЗРАБОТКА АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ МНОГОЦЕЛЕВОГО ТЯЖЕЛОГО СТАНКА





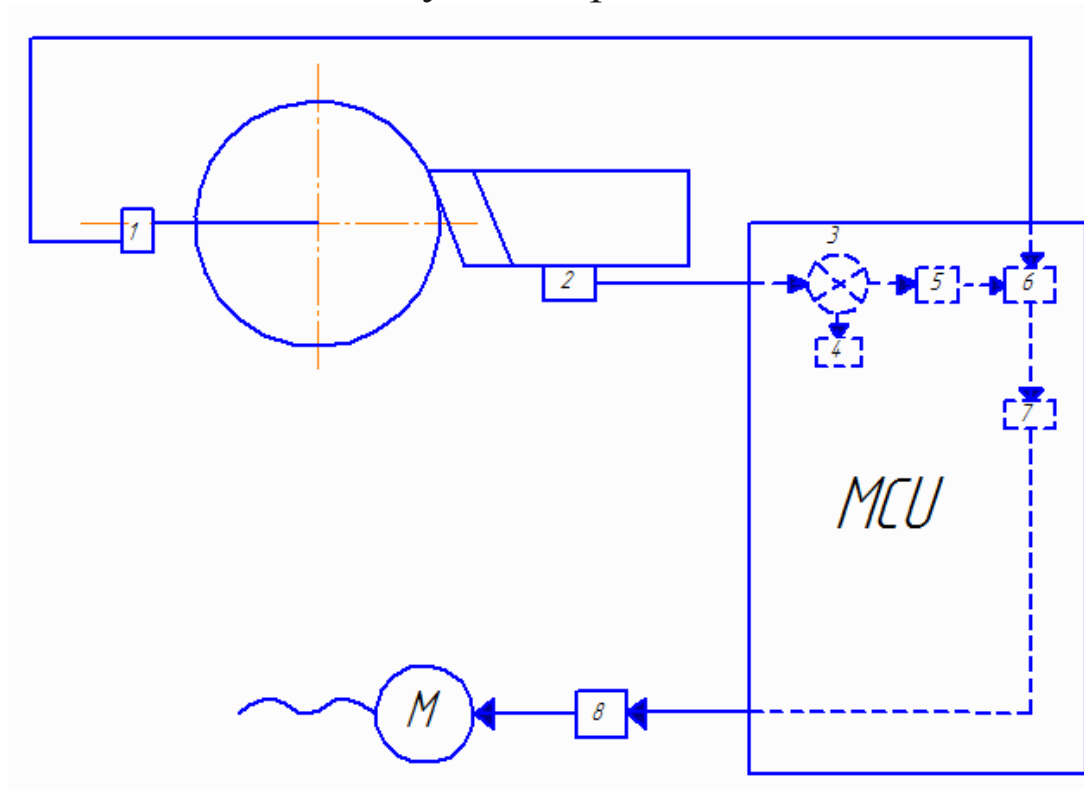
РАЗРАБОТКА АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ МНОГОЦЕЛЕВОГО ТЯЖЕЛОГО СТАНКА

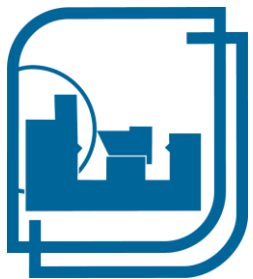




РАЗРАБОТКА АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ МНОГОЦЕЛЕВОГО ТЯЖЕЛОГО СТАНКА

Структурная схема системы оптимального управления скоростью подачи
по усилию резания



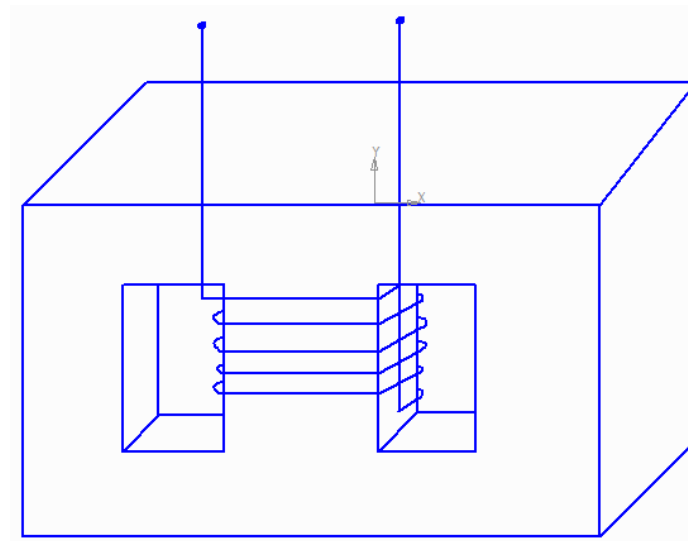


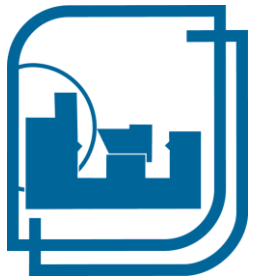
РАЗРАБОТКА АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ МНОГОЦЕЛЕВОГО ТЯЖЕЛОГО СТАНКА

Датчик углового типа



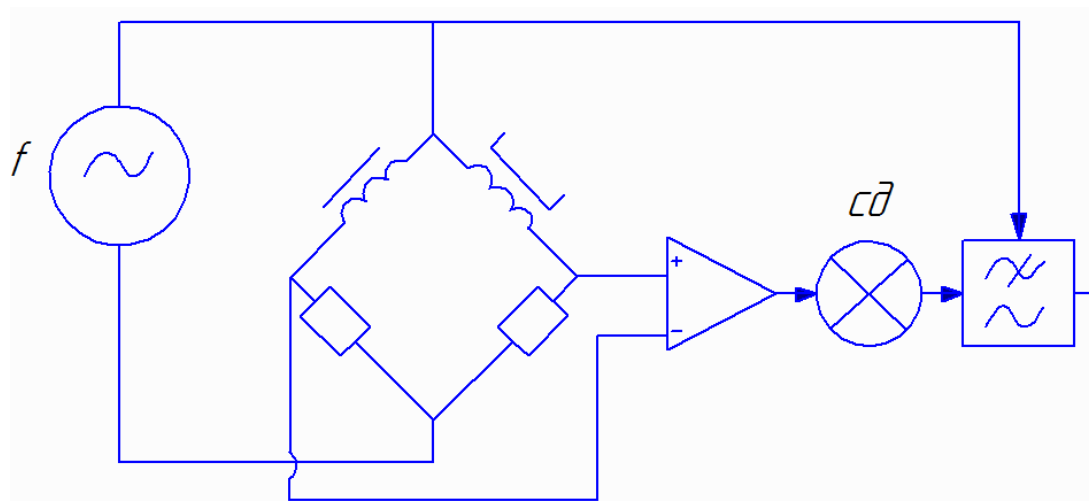
Магнитоупругий датчик

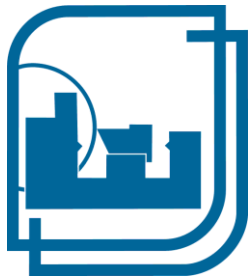




РАЗРАБОТКА АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ МНОГОЦЕЛЕВОГО ТЯЖЕЛОГО СТАНКА

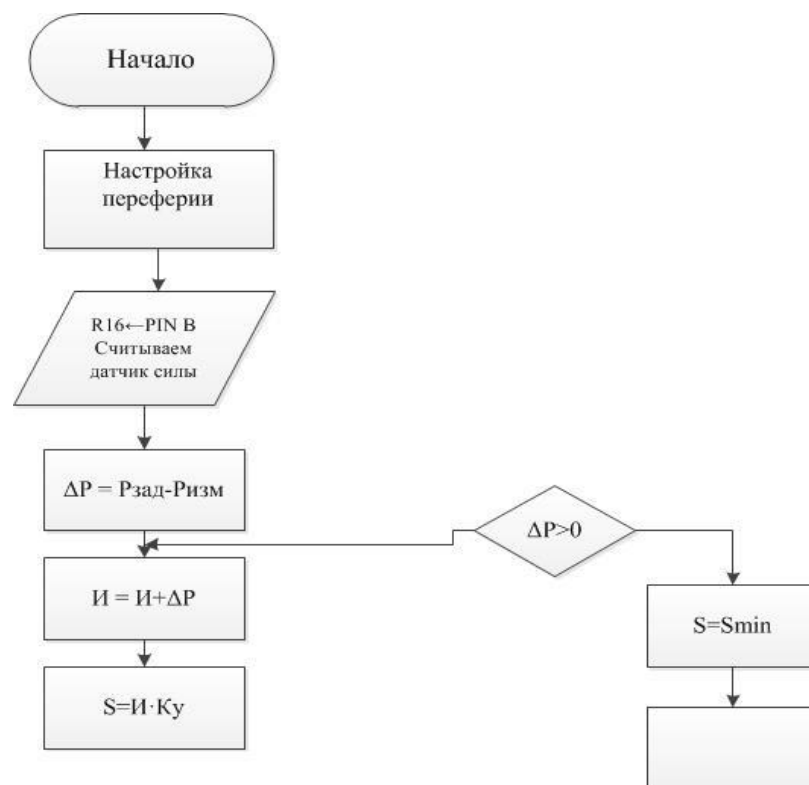
Схема включения магнитоупругого датчика

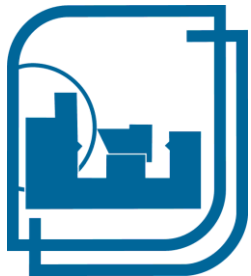




РАЗРАБОТКА АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ МНОГОЦЕЛЕВОГО ТЯЖЕЛОГО СТАНКА

Блок-схема системы автоматического регулирования скорости
подачи тяжелого токарного станка



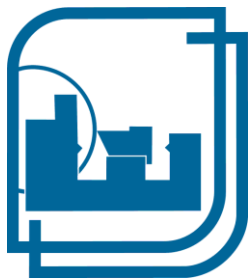


РАЗРАБОТКА АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ МНОГОЦЕЛЕВОГО ТЯЖЕЛОГО СТАНКА

Управляющая программа регулирования скорости подачи тяжелого
многоцелевого токарного станка

```
.include "2312deP.inc"
LDI R16 0B00000011
OUT DDRB,R16
IN R16 PIND
.include "2312deP.inc"
LPIU R16
LDI R16 0B00000011
LDI R17 0000010 (3MIN)
OUT DDRB R16
PUSH R16
IN R16 PINB
LDI R16

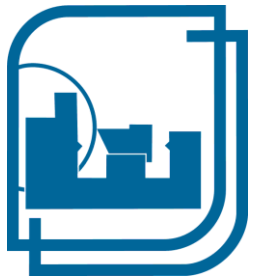
CPI R16,K
CP R16,0
L1: LDI R17
OUT R17 DDRB R17
LDI R17,0
OUT R17
L2: CP R18
OUT DDRB R16
L3: ADD R16,K
AND R18
OUT R16
```



РАЗРАБОТКА АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ МНОГОЦЕЛЕВОГО ТЯЖЕЛОГО СТАНКА

Технико – экономические показатели проекта

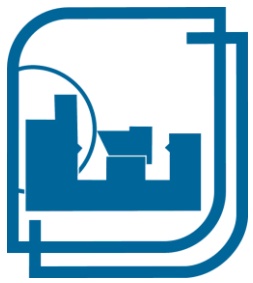
№	Наименование показателей, обозначение, размерность	Варианты		Δ (+ -)
		Базовый	Новый	
1	Установленная мощность, $P_{уст}$, кВт	110	110	0
2	Режим работы оборудования (к-во смен)	2		0
3	Изменение фонда вр. работы, $I_{ф.вр.}$, %	100%	110%	+10%
4	Изменение произ-ти работы, $I_{пр.}$, %	100%	130%	+30%
5	Изменение расходов на ремонт, $I_{п.р.}$, %	100%	95%	-5%
6	Увеличение точн. изготовления продукции	100%	115%	+15%
7	Стоимость машины $C_{маш.}$, грн.	6655843,2	7431839	775995
8	Стоимость капвложений, $K_{общ.}$, грн.	14642855	15418851	775996
9	Фонд времени работы машины, $\Phi_э$, час.	3985	4064,7	79,7
10	Объем выпуска продукции, $N_{вып.}$, шт.	166	239	73
11	Себестоимость год. выпуска, $C_{п.год.}$, грн.	16336960	212380482	49010881
12	Чистая прибыль, $P_{чист.}$, грн.	205782720	331537972	125755251
13	Ч.прибыль за модерн-цию, $P_{чист.мод.}$, грн.	144047904	232076580	88028675
14	Экономическая эфф-ность, $\Delta C_{п.год.}$, грн.	14851781,99		
15	Экономический эффект, $\Delta Z_{прив.}$, грн.	772088		
16	Ср. окуп-ти ср-в на модерн-ию, $T_{ок.мод.}$, лет	0,1		



РАЗРАБОТКА АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ МНОГОЦЕЛЕВОГО ТЯЖЕЛОГО СТАНКА

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

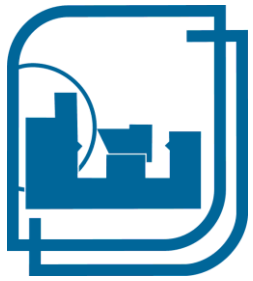
1. Существующие методы адаптивного регулирования для тяжелых токарных станков требуют дальнейшего усовершенствования и развития с компенсацией основных возмущающих факторов. Для обеспечения работоспособности современных тяжелых станков с ЧПУ необходима разработка законов управления режимами работы технологической системы.
2. Исследован метод ускоренных испытаний пластин металла, износостойкости и фрикционных свойств инструментальных материалов. Испытание резцов на прочность заключается в определении подачи, достижение которой вызывает разрушение режущей части резца при значениях скорости и глубины резания за время меньшее времени работы на ступени.



РАЗРАБОТКА АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ МНОГОЦЕЛЕВОГО ТЯЖЕЛОГО СТАНКА

3 Законы управления адаптивной системой получены на основе оптимизации режимов резания. Критерием оптимальности выбран: показатель производительности. Ограничениями выступают: прочность и жесткость режущего инструмента; точность обработки; мощность электропривода главного движения станка; заданная производительность станка на проектируемой операции; наименьшая скорость резания.

4. Проведена экспериментальная проверка оптимальных параметров процесса резания. Установлены взаимосвязи между режимами резания и параметрами технологической системы. Получены стойкостные зависимости, положенные в основу системы оптимального управления.



РАЗРАБОТКА АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ
МНОГОЦЕЛЕВОГО ТЯЖЕЛОГО СТАНКА

**БЛАГОДАРИЮ
ЗА
ВНИМАНИЕ!**